



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

# **Juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcijų pritaikymas duonos mitybinei vertei ir kokybei pagerinti**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Ieva Daugalaitė**

Projekto autorė

**Prof. P. R. Venskutonis**

Vadovas

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

# **Juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcijų pritaikymas duonos mitybinei vertei ir kokybei pagerinti**

Baigiamasis magistro projektas

Maisto mokslas ir sauga (6211FX011)

---

**Ieva Daugalaitė**

Projekto autorė

**Prof. Dr. P. R. Venskutonis**

Vadovas

**Lekt. dr. Milda Pukalskienė**

Recenzentė

---

**Kaunas, 2021**



**Kauno technologijos universitetas**

Cheminės technologijos fakultetas

Ieva Daugalaitė

## **Juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcijų pritaikymas duonos mitybinei vertei ir kokybei pagerinti**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Ieva Daugalaitė

Daugalaitė, Ieva. Juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcijų pritaikymas duonos mitybinei vertei ir kokybei pagerinti. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Prof. Dr. P. R. Venskutonis; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Technologijų mokslai, Maisto mokslas ir sauga.

Reikšminiai žodžiai: juodieji serbentai išspaudos, juodųjų serbentų sėklos, juodųjų serbentų žievelė, juodųjų serbentų lapai, ekstraktai, duonos gaminiai, mitybinės vertės padidinimas.

Kaunas, 2021. 58 p.

## Santrauka

Uogos yra puikus bioaktyvių junginių šaltinis. Maisto pramonėje juodieji serbentai yra naudojami įvairiems maisto produktams ir gėrimams gaminti. Spaudžiant šių uogų sultis susidaro šalutinis gamybos proceso produktas - išspaudos, kurios šiuo metu panaudojamos neefektyviai. Pasitelkiant įvairias technologijas, išspaudose esančias vertingas mitybai medžiagas galima išskirti ir pritaikyti kaip vertingus maisto produktų ingredientus.

Šio darbo tikslas – pritaikyti aukšto slėgio ekstrakcijos metodais pagrįstą biorafinavimo procesą juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcionavimui, siekiant išgauti iš jų funkcionaliuosius komponentus bei įvertinti jų panaudojimo galimybes duonos mitybinei vertei padidinti.

Buvo atlikta nefrakcionuotų juodųjų serbentų išspaudų - sėklų, žievelių (egzokarpio) ir sultingosios dalies (mezokarpio ir endokarpio) liekanų mišinio, mechaniškai atskirtų žievelių ir sėklų (nevalytų, valytų 10 ir 20 kartų) ir lapų cheminės sudėties analizė. Daugiausia riebalų, baltymų ir maistinių skaidulinių medžiagų nustatyta 20 ciklų valytuose sėklose. Superkryzinės ekstrakcijos anglies dvideginiu būdu iš 20 ir 10 ciklų valytų sėklų gauta didžiausia išėiga – atitinkamai  $23,47 \pm 0,10$  % ir  $23,18 \pm 0,46$  %; iš nevalytų sėklų gauta  $16,22 \pm 0,22$  % ekstrakto, išspaudų -  $7,65 \pm 0,04$  %, žievelių -  $7,32 \pm 0,25$  % ir lapų –  $2,06 \pm 0,12$  %.

Juodųjų serbentų lapų ekstrakto buvo rastas didžiausias  $\alpha$ -tokoferolio kiekis ( $1123,63 \pm 2,49$  mg/kg), tačiau dėl nedidelės ekstrakto išėigos, išskirtas iš sausos medžiagos vitamino E kiekis buvo mažiausias -  $23,15 \pm 0,05$  mg/kg.

Nuriebalintos juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcijos buvo panaudotos duonos gamyboje, pakeičiant jomis dalį miltų. Buvo įvertinama jų daroma įtaka tūriui, akytumui, drėgnumui, spalvai, baltymų kiekiui ir antioksidacinėms savybėms. Nustatyta, kad į tešlą pridėjus išspaudų galutinė duonos spalva patamsėjo, taip pat sumažėjo akytumas ir tūris lyginant su kontrole. Atlikus juslinę analizę nustatyta, kad pridėjus juodųjų serbentų išspaudų reikšmingai pasikeičia duonos kvapas, skonis ir išvaizda, o ypač spalva, tačiau reikšmingos įtakos produkto priimtinumui šie pokyčiai neturėjo.

Daugalaitė, Ieva. Application of Black Currant Berry Pomace Fractions for Increasing Nutritional Value and Quality of Bread. Master's Final Degree Project / supervisor Prof. Dr. P. R. Venskutonis; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Technological Sciences, Food Science and Safety.

Keywords: black currant pomace , black currant seeds, black currant peel, black currant leaves, extracts, bread products, increase of nutritional value.

Kaunas, 2021. 58 p.

### **Summary**

Berries are known to be a great source of bioactive compounds. In the food industry, black currants are used in the production of various food products and beverages. Pressing of berry juice generates large amounts of by-product (the pomace), which nowadays is utilized very inefficiently or even discarded as a waste. Using different technologies, high nutritional value substances can be recovered from the pomace and further applied in food products as valuable ingredients.

The aim of this work is to apply the high pressure extraction method based fractionation of black currant pomace for the recovery of functional components and their application for the development of higher nutritional value bread.

The chemical composition of non-fractionated black currant pomace, mechanically separated peels (exocarp and mesocarp+endocarp residues) and seeds were analysed. Highest yields of fat, protein, dietary fiber were determined in black currant seeds cleaned by using 20 cycles. The highest yield of lipids, which were isolated by supercritical CO<sub>2</sub> extraction, was obtained from the 20 and 10-cycle cleaned seeds – 23.47±0.10 % and 23.18 ±0.46 %, respectively; while the yields from other raw materials were as follows: uncleaned seeds - 16.22±0.22 %, pomace - 7.65±0.04 %, peel - 7.32±0.25 %, and leaves - 2.06±0.12 %.

The defatted black currant pomace, peel, and seeds were used in the production of bread, by replacing part of the flour with them. There were analyzed their effect on bread volume, porosity, moisture, color, protein content and their antioxidant ability. The addition of a mixture of seeds and peel to the dough was found to darken the final color of the bread, as well as to reduce porosity and volume compared to the control. However, these changes did not have significant effect on the overall acceptability of bread with pomace ingredients.

## TURINYS

<b>LENTELIŲ SĄRAŠAS .....</b>	<b>8</b>
<b>PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....</b>	<b>9</b>
<b>SANTRUPŲ SĄRAŠAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ĮVADAS.....</b>	<b>11</b>
<b>1. LITERATŪROS ANALIZĖ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Juodieji serbentai .....	12
1.2. Cheminiai junginiai juodosiose serbentuose ir jų nauda sveikatai .....	13
1.2.1. Gama linoleno riebalų rūgštis ir jos nauda .....	13
1.2.2. Vitaminas E ir jo nauda .....	15
1.2.3. Vitaminas C ir jo nauda .....	16
1.2.4. Antocianinai ir jų nauda .....	17
1.3. Panaudojimas maisto produktų gamybai.....	19
1.4. Ekstrakcijos metodai .....	19
1.4.1. Ekstrakcija superkritiniais skysčiais.....	20
1.4.2. Soksleto ekstrakcija .....	21
<b>2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODIKA .....</b>	<b>22</b>
2.1. Tyrimo objektai .....	22
2.2. Cheminiai reagentai ir medžiagos .....	22
2.3. Naudota įranga.....	23
2.4. Cheminių rodiklių nustatymas.....	23
2.5. Dalelių dydžio nustatymas .....	25
2.6. Ekstrakcija superkritiniu skysčiu (SKE-CO <sub>2</sub> ) .....	25
2.7. Triacilglicerolių nustatymas .....	26
2.8. Takoferolių ir fitosterolių nustatymas .....	26
2.9. Duonos su juodųjų serbentų išspaudomis, žievele ir sėklomis paruošimas .....	26
2.10. Duonos tūrio, minkštimo aktyvumo ir drėgmės nustatymas .....	27
2.11. Duonos spalvos nustatymas.....	28
2.12. Duonos juslinis vertinimas .....	28
2.13. Duonos antioksidacinių savybių įvertinimas virškinimo fazėse .....	28
2.14. Statistinė analizė.....	29
<b>3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ .....</b>	<b>30</b>
3.1. Uogų išspaudų bendrieji rodikliai .....	30

3.2. Uogų išspaudų dalelių dydžio palyginimas.....	31
3.3. Juodųjų serbentų frakcijų superkritinė ekstrakcija anglies dvideginiu.....	32
3.4. Triacilglicerolių (TAG) sudėtis .....	33
3.5. Takoferolių ir fitosterolių sudėtis .....	35
3.6. Išspaudų ir jų apdorojimo būdo įtaka duonos kokybės rodikliams .....	36
3.6.1. Tūrio rodiklių palyginimas .....	36
3.6.2. Aktyvumo rodiklių palyginimas.....	38
3.6.3. Duonos drėgmės kiekio palyginimas .....	39
3.6.4. Baltymų kiekio palyginimas.....	40
3.6.5. Spalvos palyginimas.....	41
3.6.6. Juslinis vertinimas .....	43
3.6.7. Antioksidaciniu aktyvumu pasižyminčių junginių išsiskyrimo virškimo in vitro metu tyrimai	
45	
<b>IŠVADOS .....</b>	<b>46</b>
<b>LITERATŪROS SĄRAŠAS.....</b>	<b>48</b>

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Rekomenduojami vitamino C suvartojimo kiekiai pagal amžių ir lytį, mg per dieną.....	16
2 lentelė. Antocianinų kiekis įvairių veislių juodųjų serbentų uogose.....	18
3 lentelė. Medžiagų kritiniai parametrai.....	20
4 lentelė. Prancūziškos duonos receptūra.....	27
5 lentelė. Juodųjų serbentų frakcijų bendrieji rodikliai prieš SKE-CO <sub>2</sub> .....	30
6 lentelė. Uogos išspaudų ir lapų dalelių dydžio parametru palyginimas.....	31
7 lentelė. Juodųjų serbentų frakcijų bendrieji rodikliai po SKE-CO <sub>2</sub> .....	33
8 lentelė. Juodųjų serbentų ekstraktų triacilglicerolių sudėtis.....	34
9 lentelė. Tokoferolių ir fitosterolių sudėties palyginimas juodųjų serbentų išspaudose, sėklose ir lapuose po superkritinės ekstrakcijos anglies dvideginiu.....	35
10 lentelė. Duonos su skirtingomis juodųjų serbentų išspaudų, žievėlių ir sėklų koncentracijomis, ir apdorojimo būdais tūrio palyginimas.....	36
11 lentelė Duonos su skirtingomis juodųjų serbentų išspaudų, žievėlių ir sėklų koncentracijomis ir apdorojimo būdais minkštimo aktyvumo rezultatų palyginimas.....	38
12 lentelė. Duonos su skirtingomis juodųjų serbentų išspaudų, žievėlės ir sėklų koncentracijomis, ir apdorojimo būdais drėgmės kiekio palyginimas.....	39
13 lentelė. Baltymų kiekio duonoje su 5 % ir 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, žievele ir sėklomis palyginimas.....	40
14 lentelė. Skirtingų duonos gaminių spalvos koordinatinių reikšmių palyginimas.....	42
15 lentelė. Antioksidacinis aktyvumas virškinimo fazėse.....	44

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Juodasis serbentas .....	12
2 pav. Gama-linoleno riebalų rūgšties cheminė struktūra.....	14
3 pav. Tokoferoliai ir tokotrienoliai .....	15
4 pav. Vitaminas C.....	16
5 pav. Šešių pagrindinių antocianinų struktūra.....	18
6 pav. Fazių diagrama .....	20
7 pav. Soksleto aparatas.....	21
8 pav. Juodųjų serbentų susmulkintos tiriamosios dalys.....	22
9 pav. SKE – CO <sub>2</sub> ekstraktoriaus schema.....	25
10 pav. Juodųjų serbentų frakcijų dalelių dydžio pasiskirstymas pagal dažnį.....	32
11 pav. Juodųjų serbentų išspaudų, žievelės, sėklų ir lapų SKE-CO <sub>2</sub> ekstrakcijos išeišgos.....	32
12 pav. Duonų minkštimo akytumo skirtumai.....	38
13 pav. Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis: neapdorotomis (kairė), fermentuotomis (viduryje), ultragarsu veiktomis ir fermentuotomis (dešinė).....	39
14 pav. Spalvų skirtumas tarp kontrolinės duonos (kairėje) ir duonų su juodųjų serbentų išspaudomis (5 % koncentracija – viduryje, 10 % - dešinėje).....	41
15 pav. Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele (kairėje), su fermentuota 5 % žievele (viduryje), su ultragarsu veikta ir fermentuota 5 % žievele.....	42
16 pav. Spalvų skirtumas tarp kontrolinės duonos (kairė), duonos su 5 % juodųjų serbentų sėklomis (viduryje) ir duonos su 10 % juodųjų serbentų fermentuota žievele.....	42
17 pav. Juslinės analizės rezultatų apibendriniamis.....	43

## SANTRUPŲ SĄRAŠAS

SM – sausa medžiaga

SKE-CO<sub>2</sub> – superkritinė ekstrakcija anglies dioksidu

ŠKL – širdies ir kraujagyslių ligos

MTL – mažo tankio lipoproteinai

LLLn – dilinoil-linolenoilglicerolis

LLnLn – linoil-dilinolenoilglicerolis

LnLnLn – trilinolenoilglicerolis

OLnL – oleinoil-linolenoil-linoilglicerolis

SN – standartinis nuokrypis

GLR – gama linoleno riebalų rūgštis

SLO – stearoil-linoil-oleinoilglicerolis

SLL – stearoil-dilinoil

PLL – palmitoil-dilinoilglicerolis

PLO – palmitoil-linoil-oleinoilglicerolis

## ĮVADAS

Augantis žmonių skaičius skatina plėstis maisto pramonei. Bandoma ieškoti naujų būdų kaip sudominti, pritraukti vartotojus. Senesniais laikais žmonės neskirdavo didelio dėmesio savo mitybai. Svarbu būdavo, kad maistas būtų skanus, nekreipiant dėmesio į jo sudėtines dalis. Dabartiniiais laikais visuomenė vis didesnę dėmesį skiria mitybai ir domisi įvairiomis mitybos alternatyvomis. Reikia paminėti, kad gamintojai atsižvelgia į tai ir bando užpildyti rinką įvairiais maisto produktais – natūraliais, ekologiškais, vegetariškais, veganiškais, funkcionaliais ir t.t.

Funkcionalūs maisto produktai pasižymi teigiamu poveikiu sveikatai, pagerina vartotojo savijautą, mažina ligų riziką<sup>[1]</sup>. Dėl to reguliariai vartojami funkcionaliojo maisto produktus pagerina gyvenimo kokybę ir ilgainiui sumažina išlaidas, skirtas sveikatos priežiūrai. Natūralių ingredientų pasižyminčių funkcinėmis savybėmis ir teikiančių naudą sveikatai, naudojimas, yra svarbi ir ganėtinai nauja rinkos niša, kuri pastebimai auga.

Kaip žinoma uogos yra vienos gausiausių bioaktyvių junginių šaltinių. Maisto pramonėje juodųjų serbentų vaisiai daugiausiai yra naudojami gėrimams gaminti. Šiems produktams būdingos geros organoleptinės savybės, t.y. jie turi intensyvią spalvą, skonį ir aromata, dėl to jie yra pageidautinas rinkos produktas<sup>[2]</sup>. Spaudžiant sultis iš šių uogų yra gaunamas gana didelis sulčių kiekis<sup>[3]</sup>, o gautos išspaudos dažniausiai yra išmetamos ar sunaudojamos kaip pašaras gyvūnams<sup>[2]</sup>. Tačiau likusios šios žaliavos dalys savo sudėtyje pasižymi gausiu funkcinį komponentų kiekiu, pavyzdžiui, skaidulinėmis medžiagomis ir polifenoliniais junginiais<sup>[4]</sup>. Dėl šių priežasčių galima pasitelkti įvairias technologijas, siekiant išgryninti naudingus komponentus iš gautų atliekų ir tokiu būdu pritaikant jas kaip vertingus ingredientus maisto produktuose.

Darbo tikslas: pritaikyti aukšto slėgio ekstrakcijos metodais pagrįstą biorafinavimo procesą juodųjų serbentų uogų išspaudų frakcionavimui, siekiant išgauti iš jų funkcionaliuosius komponentus bei įvertinti jų panaudojimo galimybes duonos mitybinei vertei padidinti.

Uždaviniai:

1. atlikti mokslinės literatūros analizę apie juoduosius serbentus, jų naudą sveikatai ir panaudojimo galimybės maisto produktų praturtinimui;
2. nustatyti juodųjų serbentų išspaudų, sėklų, žievelės ir lapų cheminę sudėtį ir jas palyginti;
3. nustatyti juodųjų serbentų išspaudų ir jų ekstrakte tokoferolių kiekį;
4. įvertinti juodųjų serbentų išspaudų įtaką duonos gaminiams, jų juslinėms savybėms, tūriui ir akytumui.
5. Įvertinti antioksidacinį aktyvumą pasižyminčių junginių išsiskyrimo virškimo in vitro metu.

## 1. LITERATŪROS ANALIZĖ

### 1.1. Juodieji serbentai

Serbentai priklauso agrastinių (lot. *Grossulariaceae*) augalų šeimai. Šios šeimos augalai būna žemi ir vidutinio aukščio nedygliuoti arba dygliuoti krūmai, paplitę daugiausiai Šiaurės pusrutulio šalto ir vidutinio klimato juostoje Šiaurės Amerikoje, Europoje, Azijoje, taip pat Šiaurės Afrikoje ir Pietų Amerikoje [5]. Kai kurie agrastinių šeimos augalai auginami kaip vaiskrūmiai ir kaip dekoratyviniai. Lietuvoje natūraliai yra paplitę 3 rūšių serbentai: ilgakekis, juodasis ir kalninis.

Juodasis serbentas (lot. *Ribes nigrum*) (žr. 1 pav.) daugiamečių krūmas, kurio aukštis apie 80-150 cm ir yra stačių šakų. Lapai būna iki 12 cm pločio, triskiaučiai ar penkiaskiaučiai [6], aštriai stambiai dantyti, ryškiai žalia plika viršutine ir šviesesne, pagysliais plaukuota, ištiesai liaukutėmis nusėta apatine puse, aštraus kvapo. Lapkotis lakšto ilgio, plaukuotas.



1. pav. Juodasis serbentas [7]

Balkšvi žiedai susitelkę kekėse, dažniausiai iš 5–10 žiedų. Žydi pavasarį, balandžio–gegužės mėnesiais. Auga drėgnuose, užpelkėjusiuose miškuose, krūmuose, paupiuose bei dažnai auginamas ir soduose [6]. Jis yra daugiamečių augalas, gyvuojantis 40–50 metų. Plinta sėklomis ir atlankomis [5]. Uogos juodos spalvos, apvalios su storoka odele, nusėtos liaukutėmis. Prinoksta liepą–rugsįjūtį.

Juodieji serbentai yra skirstomi į du porūšius: europinį (lot. *Ribes nigrum spp. europaeum*) ir sibirinį (lot. *Ribes nigrum spp. sibiricum*). Sibirinio porūšio juodieji serbentai lyginant su europiniais (išskyrus veisles išvestas Skandinavijoje) pasižymi didesniu atsparumu šalčiams, ligoms ir kenkėjams. Taip pat sibirinis porūšis nuo europinio skiriasi tuo, kad yra žemesni, turi gulančią krūmo formą, yra labiau išsiskleidę. Europinio porūšio juodųjų serbentų žiedai yra savidulkiai ir būna kekėse po 10 ar daugiau. Sibirinio porūšio serbentai yra kryžmadulkiai, kekėse turi mažiau susitelkusių žiedų (po 4-8). Kelios juodųjų serbentų veislės:

- „Boskopo milžinai“ – ankstyva veislė, išvesta iš Olandijoje. Pasižymi stambiomis, skaniomis uogomis.
- „Goliat“ – vidutinio ankstyvumo veislė, išauginta Didžiojoje Britanijoje. Uogos stambios ir skanios. Geriau auga šiltesnėse, apsaugotose vietose.
- „Golubka“ – ankstyva veislė, sukurta Altajaus regione. Uogos smulkios ir rūgščios. Ši veislė yra atspari šalčiams ir nors sudera anksti, tačiau derlinga būna trumpai.

- „Sejenec golubki” – taip pat Altajaus krašte sukurta veislė. Prinoksta keliomis dienomis anksčiau nei „Golubkos” veislės<sup>[8]</sup>. Uogos būna stambios, bet vidutinio skonio. Taip pat uogu odelė yra plona, dėl to lengvai spaudžiamos sultys.
- „Briodtorp“ – ankstyva veislė, sukurta Skandinavijoje. Pasižymi vidutinio stambumo, skaniomis uogomis.
- „Dikovinka“ – sukurta Altajaus krašte. Šios veislės uogos yra vidutinio stambumo, tvirtos, skanios, prinoksta anksti.
- „Minaj Šmyriov“ – vidutinio ankstyvumo veislė kilusi iš Baltarusijos. Uogos stambios ir saldžiarūgščios.
- „Belaruskaja sladkaja“ – Baltarusijoje sukurta veislė. Uogos sunoksta anksti, juos yra stambios, saldžios, skanios.
- „Svyriai“ – lietuviška veislė. Uogos vidutinio dydžio, saldžiarūgštės, skanios. Prinoksta anksti.
- „Drūkšiai“ – lietuviška veislė, turinti stambias, saldžiarūgštes uogas. Sunoksta gana anksti.
- „Ojebyn“ – vidutinio ankstyvumo veislė, sukurta Švedijoje. Uogos stambios ir saldžiarūgštės.
- „Joniniai“ – ankstyva veislė, išvesta Lietuvoje. Uogos stambios, saldžiarūgštės.
- „Kirviai“ – ankstyva veislė, išvesta Lietuvoje.
- „Ben Lomond“ – vėlyva veislė, sukurta Škotijoje. Uogos vidutinės ir didelės, saldžiarūgštės. Derlius reguliarus ir gausus.
- „Ben Tirran“ – vėlyva serbentų veislė, sukurta Škotijoje. Uogos saldžiarūgštės, vidutinės ir didelės.

## 1.2. Cheminiai junginiai juodosiose serbentuose ir jų nauda sveikatai

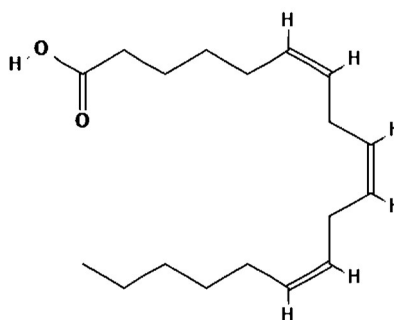
Juodieji serbentai savo sudėtyje turi biologiškai veikliųjų medžiagų, kurios teigiamai veikia žmogaus organizmą. Yra gerai žinoma, kad juodieji serbentai savo sudėtyje turi didelį kiekį polifenolių, konkrečiai antocianinų ir proantocianidinų lyginant su kitomis uogomis<sup>[9]</sup>. Šios uogos yra gausus bioaktyvių komponentų, fitocheminių medžiagų ir antioksidantų, tokių kaip vitaminai (A, C ir E), nepakeičiamų riebalų rūgščių, rečiau pasitaikančių omega-6 rūgščių – gama linoleno rūgšties šaltinis<sup>[70]</sup>. Bioaktyvių medžiagų kiekiai uogose priklauso nuo juodųjų serbentų veislės, augimo sąlygų.

Remiantis M. Navasaičiumi, R. Ozolinčiumi, D. Smaliuku ir J. Balevičiene „uogose būna 40–400 mg askorbo rūgšties, apie 500 mg vitamino P, 0,002–0,08 mg vitamino B<sub>1</sub>, 0,24–0,3 mg karotino, 0,01 % eterinio aliejaus, 1,5–4,5 % organinių rūgščių, 4,5–10,7 % cukrų, 0,5–1,02 % pektinų, apie 0,43 % antocianinų“<sup>[5]</sup>. Lapuose būna iki 0,6 % eterinio aliejaus, cukrų ir kitų medžiagų. Juodųjų serbentų išspaudose būna dideli kiekiai polinesočiųjų riebalų rūgščių, daugiausiai lilono, oleino ir palmitino rūgštys<sup>[10]</sup>.

### 1.2.1. Gama linoleno riebalų rūgštis ir jos nauda

Gama linoleno riebalų rūgštis (GLR) (žr. 2 pav.) yra cis 6, cis 9, cis 12 - oktadekatrieno rūgštis<sup>[11]</sup> priklausanti omega-6 grupės rūgštims. Ši rūgštis turi 18 anglies atomų ir tris dvigubus ryšius, kurie prasideda nuo šeštojo anglies atomo, skaičiuojant nuo metilo grupės galo. GLR yra alfa-linoleno riebalų rūgšties, kuri yra polinesočioji riebalų rūgštis (omega-3), izomeras.

Gama linoleno riebalų rūgštis žmogaus organizme yra natūraliai gaunama ir yra tarpinė medžiaga linolo rūgšties metabolizme. Taip ji gali būti metabolizuojama į priešūždegiminius eikozanoidus [12] tai junginių klasė, kurią sudaro prostaglandinai, leukotrienai ir kiti lipogenazės bei ciklogenzės produktai, gaunama iš polinesočiųjų riebalų rūgščių. Nuo šių junginių grupės priklauso daugelis ląstelės funkcijų: uždegimo, aterogeniškumo reguliavimas, protrombozinis poveikis [13,14]



**2 pav.** Gama-linoleno riebalų rūgšties cheminė struktūra [15]

Juoduosiuose serbentuose galima rasti pakankamai didelį kiekį gama linoleno riebalų rūgšties. Šios rūgšties juodųjų serbentų sėklų aliejuje būna 15-20 g/100g [16]. Tai vienas didžiausių natūraliai gamtoje randamų GLR kiekių.

Gama linoleno rūgštis yra vienintelis ir pagrindinis komponentas, reikalingas prostaglandino gamybai žmogaus organizme. Prostaglandinai praplečia kraujagysles, slopina kraujo krešėjimą, skatina žarnyno, bronchų, plaučių veiklą, reguliuoja ovuliacinius procesus ir gimdos lygiųjų raumenų veiklą [13]

Kaip minėjo Sergeant'as, Rahbar'as ir Chilton'as daugybė tyrimų, kurie buvo atlikti aštuntajame ir devintajame dešimtmečiuose, parodė, kad gama-linoleno riebalų rūgštimi praturtinti augaliniai aliejai (nakvišų, agurklių, juodųjų serbentų) padėjo palengvinti kelių lėtinių uždegiminių ligų taip pat reumatoidinio artrito ir atopinio dermatito požymius ir simptomus, tačiau vėliau atlikti tyrimai iškėlė dvejonių dėl šia rūgštimi praturtintų papildų efektyvumo turint atopinį dermatitą ir reumatoidinį artritą [17].

Atlikus naujesnius tyrimus, buvo nustatyta, kad ši omega-6 riebalų rūgštis gali būti naudojama įvairių degeneracinių patologijų, tokių kaip osteoporozė, diabetas ir vėžys, prevencijai ar gydymui [18]. Be to buvo įrodyta, kad gama-linoleno riebalų rūgštis slopina naviko augimą [19]. Turi priešvėžinių savybių tiek *in vitro*, tiek *in vivo* procesuose [20]. Roy'os ir kt. [20] atliktas tyrimas parodė, kad ląstelių proliferacijos žymenys (sumažėjęs alveolinių pumpurų skaičius, histopatologinės struktūros atstatymas ir naviko augimo aplink mikrovelenes panaikinimas) po gama linoleno rūgšties poveikio sumažėjo [17].

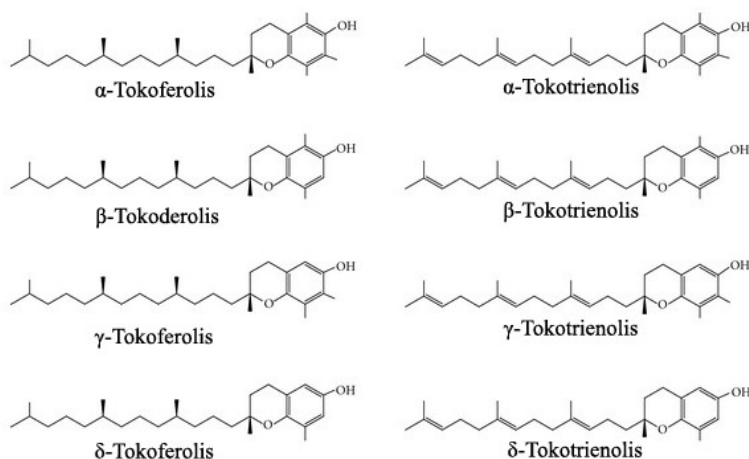
Taip pat, buvo įrodyta, kad ši rūgštis turi teigiamą poveikį ankstyvose sepsio etapuose [22]. Taip pat manoma, kad yra naudinga į mitybą įtraukti šią riebalų rūgštį tais atvejais, kai fermentas delta-6-dezaturazė funkcionuoja neefektyviai [23].

Be to gama-linoleno rūgštis yra svarbi senėjimą lėtinančių papildų sudedamoji dalis ir buvo nustatyta, kad ši rūgštis turi įvairių biologinių poveikių, įskaitant su senėjimu susijusių veiksnių pagerėjimą [24].

Pagal K. Shirai ir kt. (2015) gama linoleno rūgštis yra viena tų, kuri yra gyvybiškai svarbi kovojant prieš uždegimus [26]. Priešuždegiminis gama linoleno rūgšties poveikis reguliuojamas per branduolinių faktorių kapa B (NFκB) [26]. Taip pat ši rūgštis priešuždegiminį aktyvumą reguliuoja per peroksisomos proliferatoriaus aktyvuotus receptorius [27].

### 1.2.2. Vitaminas E ir jo nauda

Remiantis literatūra, vitaminas E yra aštuonių natūraliai esančių junginių, keturių tokoferolių ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - ir  $\delta$ -) ir keturių tokotrienolių ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - ir  $\delta$ -) (žr. 3 pav), terminas, kuris pasižymi biologiniu  $\alpha$ -tokoferolio aktyvumu [28]. Vitaminas E yra riebaluose tirpus komponentas, kuris pasižymi antioksidacinėmis savybėmis. Šį vitaminą galima rasti riebalų turinčiuose maisto produktuose, pavyzdžiui, juodųjų serbentų sėklų aliejuje, kurio vidutinis tokoferolių kiekis yra 1143 mg/100 g aliejaus [29]. Dėl tirpimo riebaluose šis vitaminas gyvūnų ir žmonių audiniuose yra kaupiamas ir dėl to jo nereikia vartoti kiekvieną dieną [30]



3 pav. Tokoferoliai ir tokotrienoliai [31]

Visas aštuonias vitamino E formas žmogaus organizmas absorbuoja, tačiau jų irimo ir kaupimo laikas organizme skiriasi [32]. Nustatyta, kad tik  $\alpha$ -tokoferolis užkerta kelią vitamino E trūkumo sutrikimo ataksijai [33]. Taip pat dėl jų antioksidacinio aktyvumo tokoferoliai turi svarbią reikšmę apsaugant mononesočiąsias ir polinesočiąsias riebalų rūgštis nuo oksidacijos [34]. Asmenys turintys mažą vitamino E kiekį yra jautresni neurologinėms ir embriogenezės problemoms, kurios yra susijusios su vitamino E apsauginiu poveikiu nuo polinesočiųjų riebalų rūgščių pažeidimų ląstelių membranose [32], o tai patvirtina jo, kaip vertingos maistinės medžiagos, vaidmenį.

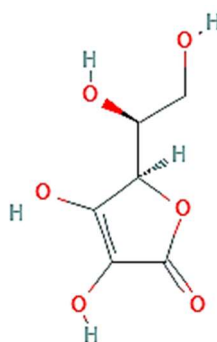
$\alpha$ -tokoferolis yra efektyvus gydant smegenų išemiją,  $\gamma$ - ir  $\delta$ -tokotrienolis pasižymėjo stipriu priešvėžiniu poveikiu [35]. Be to, daugelyje tyrimų yra nurodoma, kad  $\alpha$ -tokoferolis pasižymi ir kitomis savybėmis nei antioksidacinėmis. Įrodyta, kad šis junginys slopina lygiųjų raumenų ląstelių proliferaciją, endotelio disfunkciją ir trombocitų susikaupimą [36]

Remiantis Gugliandolo'o, Bramanti'o ir Mazzon'o atliktais ikiklinikiniais tyrimų rezultatais matyti, kad vitamino E vartojimas gali būti naudingas sergant Alzheimerio liga [37]. Vitaminas E ne tik

sumažina  $\beta$ -amiloido sukeltą oksidacinį stresą, bet ir pagerina atmintį bei pažinimo sutrikimus. Be to, vitamino E kombinacijos su kitais priešuždegiminį ar antioksidacinį poveikį turinčiais junginiais, kurie veikia sinergiškai, gali būti naudingas gydant Alzheimerio ligą [37]. Tačiau klinikiniai tyrimai pateikė prieštaringus vitamino E veiksmingumo rezultatus šios ligos prevencijos ar gydymo atžvilgiu. Bet atsižvelgiant į A. Gugliandolo'o ir kt (2017) gautus rezultatus didelės šio vitamino dozės ir ilgalaikis papildų vartojimas galimai yra susijęs su geresniais rezultatais [37]. Be to, didesnis maisto produktų, kuriuose gausu vitamino E, suvartojimas buvo susijęs su geresne pažinimo funkcija.

### 1.2.3. Vitaminas C ir jo nauda

Vitaminas C arba kitaip vadinama askorbo rūgštis (žr. 4 pav.) yra natūraliai gamtoje randamas organinis junginys, pasižymintis antioksidacinėmis savybėmis. Vitaminas C yra vandenyje tirpus junginys, reikalingas įvairioms biologinėms funkcijoms. Jis yra reikalingas tinkamam vaikų vystymuisi ir augimui taip pat vitaminas C yra kelių fermentų kofaktorius [38].



4 pav. Vitaminas C<sup>[39]</sup>

Europos maisto saugos tarnybos (EFSA) ekspertų nuomone, vitamino C vidutinį poreikį ir populiacijos referencinį suvartojimą galima nustatyti remiantis asmens (suaugusio žmogaus ir vaiko) turimu vitamino C kiekiu, o nėščiosioms ir žindančioms moterims, remiantis papildomais faktoriais, suvartojimu motinos pieno kiekiu<sup>[40]</sup>. Taip pat remiantis EFSA teikiamais duomenimis suaugusiam žmogui rekomenduojama kasdien suvartoti nuo 95 iki 100 mg priklausomai nuo asmens lyties (žr. 1 lent.). Remiantis Jungtinių Amerikos Valstijų maisto ir mitybos taryba (angl. *Food and Nutrition Board*) didžiausias toleruojamas askorbo rūgšties kiekis yra 2000 mg per dieną<sup>[41]</sup>.

**1 lentelė.** Rekomenduojami vitamino C suvartojimo kiekiai pagal amžių ir lytį, mg per dieną<sup>[40]</sup>

Amžius	Vyrai	Moterys
7 - 8 mėnesių	20	20
1 - 3 metų	20	20
4 - 6 metų	30	30
7 - 10 metų	45	45
11 – 14 metų	70	70
15 – 17 metų	100	90
≥ 18 metų	100	95
Neštumo laikotarpiu	-	+ 10
Žindymo laikotarpiu	-	+ 60

Juodieji serbentai savo sudėtyje turi didelį kiekį askorbo rūgšties. Priklausomai nuo veislės vitamino C kiekis gali kisti nuo 100 iki >250 mg/100 g, bet tam tikruose laukiniuose juodųjų serbentų rūšyse askorbo rūgšties kiekis pasiekia 800 mg/100 g [42].

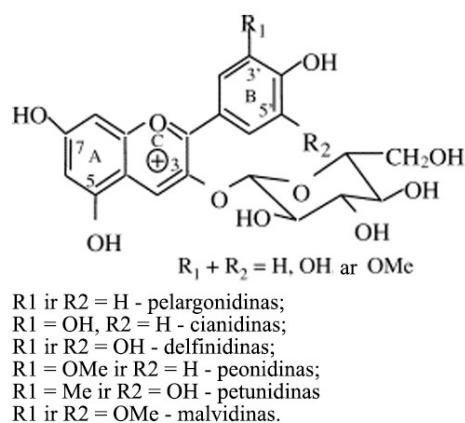
Ankstyvoje literatūroje yra minima, kad askorbo rūgšties trūkumas būdavo susijęs su plaučių uždegimu. Buvo manoma, kad skorbutas yra susijęs su pneumonija, o veiksnys, turintis įtakos pagijimui nuo skorbuto, taip pat gali turėti įtakos plaučių uždegimui [43]. 1900-ųjų pradžioje C. Funk'as [44], kuris pirmą kartą pavartojo žodį „vitaminas“, pastebėjo, kad Sudane buvusi pneumonijos epidemija išnyko, kai antiskorbutinis gydymas, turintis vitamino C, buvo skirtas taip pat tuo metu esantiems skorbuto atvejams gydyti.

Remiantis A. F. Feyaerts'o (2020) atlikto tyrimo duomenimis, vitaminas C gali sumažinti uždegimo mediatorius esant įvairioms uždegimo sąlygoms [45]. Tokiu būdu sumažinant Covid-19 sukeltą pneumonijos atsiradimą ir jos progresavimą iki kvėpavimo takų nepakankamumo. Taip pat vitaminas C gali būti naudojamas peršalimo ligų sukeltą astmos bei ūmių, virusinių kvėpavimo takų infekcijų gydymui [46]. 2003 metais ūmaus kvėpavimo takų sindromo (SARS) epidemijos metu buvo pasiūlyta naudoti vitaminą C kaip papildomą priemonę. Ši idėja buvo pasiūlyta remiantis teigiamu askorbo rūgšties poveikiu virusinių kvėpavimo takų infekcijų metu [47]. Tačiau visi autoriai nurodo, kad reikia atlikti daugiau tyrimų, norint įvertinti askorbo rūgšties daromą įtaką Covid-19 ligos profilaktikai ar gydymui.

Naujų tyrimų duomenys rodo askorbo rūgšties svarbą ne tik fiziniai, bet ir psichologinei sveikatai. S. Gariballa'os (2014) atlikto tyrimo rezultatai atskleidžia, kad vyresnio amžiaus asmenys, turintys vitamino C trūkumą, turėjo daugiau depresijos simptomų [48]. Taip pat nustatyta, kad vitaminas C stiprina antidepresantų poveikį [10]. S. Yosae'os ir kt. (2021) atlikta metaanalizė rodo, kad vitamino C vartojimas nėra veiksmingas gydant klinikinę depresiją, bet gali pagerinti žmonių, patiriančių subklinikinę depresijos simptomų, nuotaiką [50].

#### **1.2.4. Antocianinai ir jų nauda**

Antocianinai priklauso flavonoidų grupei. Buvo nustatyta, kad gamtoje yra daugiau nei 540 antocianinų. Dažniausiai pasitaikantys yra pelargonidinas, cianidinas, delfinidinas, peonidinas, petunidinas ir malvidinas (žr. 5 pav.). Šie junginiai yra natūralūs pigmentai, kurie suteikia augalams mėlyną, violetinę ir raudoną spalvas [51]. Šių pigmentų suteikiamos spalvos priklauso nuo pH. Tačiau tai riboja jų kaip dažiklių panaudojimą maisto pramonėje [52]. Taip pat antocianinai gali būti naudojami kaip vaisių brendimo žymuo, kadangi didžiausias šių junginių kiekis randamas vaisių nokimo fazėje [53].



**5 pav.** Šešių pagrindinių antocianidinių struktūra <sup>[52]</sup>

Pagrindiniai antocianinų šaltiniai yra augalai priklausantys vynmedinių (lot. *Vitaceae*) ir erškėtinių (lot. *Rosaceae*) šeimai <sup>[54]</sup>. Taip pat šių junginių galima rasti ir šiuose šeimose: agrastinių (lot. *Grossulariaceae*), bastutinių (lot. *Cruciferae*), erikinių (lot. *Ericaceae*). Juoduosiuose serbentuose yra daugybė fenolinių junginių, tokių kaip flavonoliai ir antocianinai <sup>[55]</sup>. Šių junginių kiekis priklauso nuo tiriamos veislės, uogų prinokimo lygio. Remiantis N. Anisimovienės ir kt. (2009) tyrimo metu įvairių juodųjų serbentų veislių uogose antocianinų kiekis skyrėsi 1,5–2 kartus <sup>[56]</sup> (žr. 2 lent.).

**2 lentelė.** Antocianinų kiekis įvairių veislių juodųjų serbentų uogose <sup>[56]</sup>

Veislė	Veislės savybės	Kilmės šalis	Antocianinų kiekis mg 100g <sup>-1</sup>
„Joniniai“	Ankstyvoji	Lietuva	278–345
„Kriviai“	Vidutinio ankstyvumo	Lietuva	472–541
„Ben Lomond“	Vėlyvoji	Škotija	512–548
„Ben Tirran“	Vėlyvoji	Škotija	500–577

Pagrindiniai keturi antocianinai juoduosiuose serbentuose yra delfinidino-3-gliukozidas, delfinidino-3-rutinozidas, cianidino 3-gliukozidas ir cianidino 3-rutinozidas <sup>[57]</sup>. „Juodųjų serbentų uogose esantys antocianinai dėl savo ypatingos struktūros (elektrono trūkumo) bei antioksidacinio poveikio aktyvioms deguonies formoms ir laisviesiems radikalams priskiriami stipriems (efektyviems) antioksidantams“ <sup>[56]</sup>.

Per paskutinį dešimtmetį išaugo susidomėjimas antocianiniais. Daugelis tyrimų siejį šiuos junginius su antioksidacinėmis, priešuždegiminėmis, antikarcinogeninėmis savybėmis <sup>[58]</sup>. Taip pat yra manoma, kad vartojant raudoną vyną yra sumažinama širdies ligų riziką. Šis efektas yra siejamas su antocianiniais, kadangi šie junginiai apsaugo nuo mažo tankio lipoproteinų (MTL) oksidacijos bei sumažina uždegimų riziką <sup>[59]</sup>. Remiantis C. Aedin‘a (2018) atlikta analize, iš penkių tyrimų rezultatų, keturi iš jų įrodė, kad padidinus antocianinų suvartojimą buvo reikšmingai sumažintas koronarinės širdies ligos (ŠKL) riziką (12-32 %) <sup>[60]</sup>.

Teigiama, kad šie junginiai pasižymi antidiabetinėmis savybėmis. Antocianinai apsaugo kasos β-ląsteles nuo gliukozės sukeliama oksidacinio streso <sup>[116]</sup>. Taip pat keletas tyrimų įrodė, kad jie gali būti naudingi antro tipo cukrinio diabeto prevencijai ir jo gydyme <sup>[61]</sup>. R. Kowalski‘ės ir E. Gonzalez

de Mejia'os (2021) tyrimų rezultatai rodo, kad tirtų juodųjų serbentų sultys slopino fermentų, kurie yra antro tipo cukrinio diabeto žymenys, aktyvumą [62].

Kaip žinoma pagrindiniai šių junginių šaltiniai yra vaisiai ir daržovės, tačiau vartojant juos reikia atsižvelgti į jų cheminę sudėtį. Nors tokie vaisiai kaip slyvos, raudonos vynuogės ar juodieji serbentai yra antocianinų šaltiniai, tačiau jų sudėtyje yra daugiau nei 10 % angliavandenių, todėl juos reikėtų vartoti retkarčiais ir ribojant jų kiekį [61].

### **1.3. Panaudojimas maisto produktų gamybai**

Viena iš maisto pramonės sričių yra funkcionalieji maisto produktai. Visuomenei pradėjus daugiau dėmesio skirti mitybai ir jos poveikiui sveikatai, išaugo funkcionaliojo maisto produktų paklausa. Funkcionalūs maisto produktai pasižymi teigiamu poveikiu fiziologinėms funkcijoms, pagerina vartotojo savijautą, sveikatą ir mažina ligų riziką [63]. Dėl to reguliariai vartojami funkcionaliojo maisto produktai pagerina gyvenimo kokybę [64].

Juodųjų serbentų uogos, lapai bei pumpurai gali būti naudojami maistui, prieskoniams ir vaistams. Uogos valgomos šviežios ir perdirbamos, verdama uogienė, marmeladas, spaudžiamos sultys, daromi gėrimai, konditerijos gaminiai. Apie 80 % juodųjų serbentų uogų yra naudojama gėrimų gamyboje.

Serbentai gali būti naudojami siekiant padidinti maisto produktų mitybinę vertę. Įterpiant jų išspaudas į sausainių, be gliuteno, sudėtį yra daugiau nei dvigubai padidinamas maistinių skaidulų kiekis taip pat bendras fenolinių junginių kiekis ir antioksidacinis aktyvumas [65]. Be to buvo tyrinėta juodųjų serbentų nuriebalintų sėklų panaudojimo galimybės dribsnių produktuose. Pridėjus į ekstruduotus dribsnius sėklas, padidėjo polifenolinių junginių, tirpių skaidulinių medžiagų kiekiai bei antioksidacinis aktyvumas [66].

Duonos, be gliuteno, gamybai naudojant nuriebalintas juodųjų serbentų sėklas yra padidinamas skaidulinių medžiagų kiekis iki 7,41 g/100g [67]. Kaip teigia J. Korus ir kt. (2012) duona (be gliuteno), kurios sudėtyje yra 7,38–8,69 g/100g maistinių skaidulų, gali būti svarbus šių medžiagų šaltinis asmenims, sergantiems celiakija [67]. Remiantis epidemiologiniais tyrimais, kurių duomenys rodo, kad skaidulinės medžiagos gali sumažinti širdies ir kraujagyslių ligų rizikas, yra rekomenduojama suvartoti 25 g šių medžiagų moterims ir 38 g vyrams [68]. Į duonos tešlą įmaišius juodųjų serbentų išspaudas yra reikšmingai padidinamas  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ - tokoferolių suvartojimo kiekis [69].

Be to maisto produktų gamyboje gali būti panaudojami juodųjų serbentų lapai. Jie yra naudojami arbatų ar sriubų gamyboje. Taip pat užpilant serbentų lapus saldinta degtine, gėrimas įgauna gelsvai žalią spalvą, atsiranda sutraukiantis ir aštrus skonis [70].

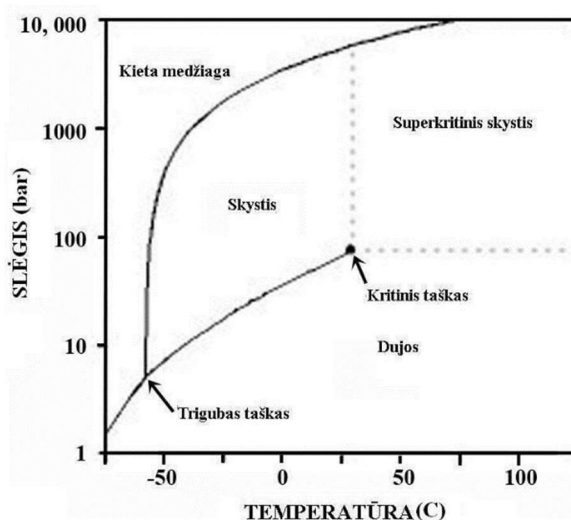
### **1.4. Ekstrakcijos metodai**

Perdirbant augalinės kilmės maisto produktus, susidaro šalutinės medžiagos. Dažniausiai šios medžiagos būna utilizuojamos, o tai reikalauja papildomų finansinių išlaidų. Taip pat jų utilizavimas gali turėti potencialią žalą gamtai [71]. Be to gamintojas atsikratydamas šių šalutinių medžiagų, po maisto produkto apdorojimo, praranda vertingą žaliavą. Tačiau po truputi yra atkreipiamas dėmesys į šias šalutines medžiagas, kurios pasižymi dideliu bioaktyvių medžiagų kiekiu. Todėl yra bandoma perdirbti šią žaliavą, norint išgauti minėtus junginius. Priklausomai nuo junginio, kuris yra bandomas gauti, yra pasirenkami skirtingi jų ekstrakcijos metodai. Tačiau dažniausiai yra atsižvelgiama į laiko,

kainos ir kokybės santykį. Populiariausios ekstrakcijos metodai, naudojami bioaktyvių junginių sukongravimui, yra ekstrakcija superkritiniu skysčiu naudojant anglies dvideginį (SKE-CO<sub>2</sub>) ir suspaustų skysčių ekstrakcija [71].

#### 1.4.1. Ekstrakcija superkritiniais skysčiais

Ekstrakcija superkritiniais skysčiais paremta superkritinio skysčio savybe tirpinti tam tikrus bioaktyvius junginius. Superkritinis skystis turi tiek skysčiams, tiek dujoms būdingų savybių [72]. Šios savybės įgaunamos esant slėgiui ir temperatūrai aukščiau kritinio taško (žr. 6 pav).



6 pav. Fazių diagrama

Superkritinėje būsenose tankis yra panašus į skysčio, klampa būna artima dujoms, o masės difuzija yra maždaug dvigubai didesnė nei įprastuose skysčiuose [73]. Dėl visų šių priežasčių superkritinis skystis yra labai geras tirpiklis. Daugelis dujų (CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O ir kt.) gali būti paverčiamos superkritiniais skysčiais, esant tinkamoms sąlygom [74]. Keleto junginių kritinio taško sąlygos nurodytos 3 lentelėje.

3 lentelė. Medžiagų kritiniai parametrai [75]

Medžiaga	Kritinė temperatūra, °C	Kritinis slėgis, atm	Kritinis tankis, 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	31,3	72,9	0,47
N <sub>2</sub> O	36,5	72,5	0,45
SF <sub>6</sub>	45,5	37,1	0,74
NH <sub>3</sub>	132,5	112,5	0,24
H <sub>2</sub> O	374	227	0,34
Xe	16,6	58,4	1,10

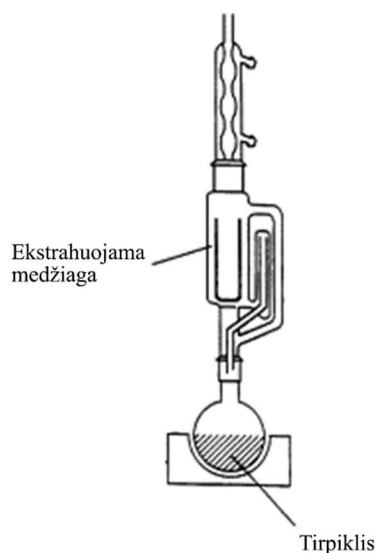
Maisto pramonėje dažniausiai kaip superkritinis skystis yra naudojamas anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>). Šis tirpiklis netoksiškas, nedegus, nebrangus [76]. Taip pat pasižymi šiomis savybėmis: ištirpdo nepolinius arba šiek tiek polinius junginius, gerai tirpdo mažos molekulinės masės junginius, o didėjant junginių masei mažėja tirpiklio galia [73]. Superkritinį anglies dvideginį galima lengvai pašalinti iš polimerinio tirpalo, sumažinant slėgį polimero džiovavimo metu [77].

Superkritinės ekstrakcijos anglies dvideginiu (SKE-CO<sub>2</sub>) metu anglies dvideginis yra leidžiamas į ekstraktorių, kurio celėje yra patalpinta augalinė žaliava. Naudojant CO<sub>2</sub> iš medžiagos yra išskiriami junginiai ir nukreipiami į surinkimo indą [78]. Gautame ekstrakte nelieka tirpiklio likučių [79]. „Ekstrahuojant superkritiniais skysčiais, reikia optimizuoti 4 parametrus: slėgį, temperatūrą, galimus modifikatorius ir superkritinio skysčio tekėjimo greitį“ [75].

#### 1.4.2. Soksleto ekstrakcija

Soksleto metodas, kuris buvo sukurtas 1879 m., ilgą laiką buvo populiari ekstrakcijos technika [80]. Šis metodas yra klasikinis, sudėtingų, kietųjų matricų ekstrahavimo technika, kuri šiais laikais nėra plačiai taikoma dėl laiko (6-24 val.) ir tirpiklio (250-700 ml) sąnaudų [81]. Taip pat taikant šią ekstrakciją dažnai reikia papildomai atlikti medžiagos gryninimą [82]. Nors šis ekstrakcijos būdas turi minėtus minusus, tačiau Soksleto metodas yra standartinė riebalų ir aliejaus ekstrahavimo procedūra pagal tarptautinę standartizacijos organizaciją (ISO standartus) [83].

Ekstrakcijos metodas vykdomas Soksleto aparate, kuris pavaizduotas 7 paveiksle. Šiam metodui gali būti naudojami įvairūs tirpikliai, pavyzdžiui, acetonas, heksanas, acetono ir heksano mišinys [85].



7 pav. Soksleto aparatas [85]

Vykdam šią ekstrakciją pirmiausia į aparatą įdedama medžiaga, kuri įrišta į filtrinį popierių. Tirpiklis yra kaitinamas iki jo virimo temperatūros. Tirpiklio garai patekę į kondensatorių, jame kondensuojasi ir tolygiai laša ant ekstraktoriuje esančios medžiagos [86]. Susikaupus tam tikram ekstrakto lygiui, jis per sifono alkūnę suteka į kolbą, kurioje vėl pradeda garuoti [85]. Visos ištirpintos medžiagos yra surenkamos į kolbą.

## 2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODIKA

### 2.1. Tyrimo objektai

Tyrimams buvo naudota iš verslo partnerių gautos skirtingos juodųjų serbentų frakcijos – lapai, išspausdos (sėklų ir žievelės mišinys), žievelė, nevalytos sėklos, sėklos valytos 10 kartų ir sėklos valytos 20 kartų (žr. 8 pav.). Sėklos buvo valomos mechaniniu būdu, naudojant sietus. Visos juodųjų serbentų frakcijos buvo susmulkintos naudojant laboratorinį cikloninį malūną „Retsch ZM200 Grinder“. Juodųjų serbentų lapai, išspausdos su sėklomis ir be sėklų bei sėklos buvo sumaltos iki 0,5 mm, sėklos valytos 10 ir 20 kartų buvo susmulkintos iki 0,75 mm. Susmulkintos tiriamosios medžiagos buvo laikomos hermetiškai sandariuose stikliniuose induose, kurie buvo laikomi tamsoje, kambario temperatūroje.



1. Išspausdos su sėklomis; 2. išspausdos be sėklų; 3. Sėklos; 4. Lapai;  
5. Sėklos, valytos 20 kartų; 6. sėklos, valytos 10 kartų

8 pav. Juodųjų serbentų susmulkintos tiriamosios dalys

### 2.2. Cheminiai reagentai ir medžiagos

- Sausos mielės („Dr. Oetker“, Vokietija);
- valgomoji druska („Artiomsol“, Lietuva);
- kvietiniai miltai 550D („Malsena“, Lietuva);
- distiliuotas vanduo (vandens gryninimo sistema Milipore, JAV);
- viscozyme L („Sigma – Aldrich“, JAV);
- $\alpha$ -amilazė iš *Aspergillus oryzae* („Sigma – Aldrich“, JAV);
- kiaulių tulžies ekstraktas („Sigma – Aldrich“, JAV);
- pankretinas iš kiaulių kasos („Sigma – Aldrich“, JAV);
- pepsinas („Sigma – Aldrich“, JAV);
- sieros rūgštis 0,13 M ( $H_2SO_4$ ) („Eurochemicals“, Lietuva);
- kalio hidroksidas (KOH) („Eurochemicals“, Lietuva)
- heksanas 99% GC („Eurochemicals“, Lietuva)
- citrinų rūgštis, bevandenė („Eurochemicals“, Lietuva)

- natrio hidrokarbonatas („Eurochemicals“, Lietuva)
- natrio hidroksidas („Eurochemicals“, Lietuva)
- metanolis,  $\geq 99,9\%$  („Sigma – Aldrich“, Vokietija);
- boro trifluorido-metanolio tirpalas, 14 % metalonyje („Sigma – Aldrich“, JAV);
- žemės ūkio kilmės etilo alkoholis, 96 % („Stumbras“, Lietuva);

### 2.3. Naudota įranga

- Laboratorinis cikloninis malūnas ZM 200 (Retsch, Haan, Vokietija);
- laboratorinė ekstrakcijos superkritiniais skysčiais „Helix“ sistema (Applied Separation, Allentown, PA, JAV);
- soksleto aparatas (Behr Labor-Technik, Düsseldorf, Vokietija);
- baltymų mineralizavimo įrenginys „InKjel 1225 P— (Berh, Vokietija)
- drėgmės analizatorius „Moisture Analyser, 60G/0.0001, LCD MB64— (VWR, Italija)
- analitinės svarstyklės „Scaltec SPB31— (Goti, Kern&Sohn gmbh., Alkstad, Vokietija);
- dalelių dydžio matuoklis „Mastersizer 2000— su „Hydro 2000S— dispersine sistema (Malvern Instruments Ltd, Jungtinė Karalystė);
- automatinės pipetės – 20 – 200  $\mu\text{l}$  („Capp“, Danija), 100 – 1000  $\mu\text{l}$  („Capp“, Danija), 1000  $\mu\text{l}$  („Hirshmann Laborgerate“, Vokietija);
- maistinių skaidulų analizatorius „Behr CF 2+2“ („Behrotest“, Vokietija);
- elektrinė duonkepė Breadmaker 18036 („Russell Hobbs“, Jungtinė Karalystė);
- pH matuoklis CyberScan pH 510 („Eutech Instruments“, Singapūras);
- pH matuoklis „Sartorius PB-11“ („Sartorius“, Prancūzija);
- vandens vonia su purtykle „WNB series“ („Mettler“, Vokietija);
- spalvų matuoklis „Chroma meter CR-410“ („Konica Minota“ Japonija);
- antioksidacinio aktyvumo analizatorius „e-BQC“ („Bioquochem“, Ispanija);
- centrifūga „Microcen 23“ („Orta Alresa“, Ispanija);
- centrifūga „Consul 22R“ („Orta Alresa“, Ispanija);
- rankinis ultragarsinis homogenizatorius „UP200Ht“ („Hielscher“, Vokietija);
- laboratorinės svarstyklės „Precisa xb 6200“ („Precisa“, Vokietija).

### 2.4. Cheminių rodiklių nustatymas

#### Drėgmės kiekio nustatymas

Drėgmės kiekio nustatymas buvo atliktas su drėgmės analizatoriumi „Moisture Analyser, 60G/0.0001, LCD MB64“. Tyrimas buvo atliekamas esant 105 °C temperatūrai, džiovinant iki pastovios masės, pasveriant 1 g medžiagos. Gautas rezultatas parodomas analizatoriaus ekrane.

#### Baltymų kiekio nustatymas

Baltymų kiekis buvo nustatomas Kjeldalio metodu. Šiuo metodu buvo nustatomas bendras azoto junginių kiekis mėginyje, kuris perskaičiuojamas į bendrą baltymų kiekį. Naudotas mineralizacijos įrenginys „InKjel 1225 P“, o distiliacijai – „Behrotest S4“. Bendras azoto kiekis buvo apskaičiuotas pagal (1) formulę:

$$A = \frac{1,4007 \cdot (V - V_0) \cdot M}{m}; \quad (1)$$

čia: A – azoto kiekis, %

1,4007 – 0,1N HCl titras, išreikštas azotu, mg/ml;

V – tiriamojo mėginio distiliato titravimui sunaudotas 0,1 N HCl kiekis, ml;

V<sub>0</sub> – tuščiojo mėginio distiliato filtravimui sunaudotas 0,1 N HCl kiekis, ml;

M – 0,1 N HCl koncentracija 0,0001 mol/l tikslumu;

m – tiriamojo mėginio masė.

Baltymų kiekis apskaičiuotas pagal (2) formulę:

$$B = A \cdot 6,38 \quad (2)$$

čia: B – bendras baltymų kiekis, %;

6,38 – bendrojo azoto perskaičiavimo į bendrąjį baltymų kiekį koeficientas.

### Riebalų kiekio nustatymas

Riebalų kiekis buvo nustatytas Soksleto metodu. Pasveriamas 1 g mėginio, išdžiovinto iki pastovios masės, ant popierinio filtro ir sandariai užlankstomi kraštai, perrišant siūlu. Ryšulėliai patalpinami Soksleto aparate. Procesas vyksta automatiškai 6 valandas, kaip tirpiklį naudojant heksaną. Pasibaigus ekstrakcijai mėginiai laikomi traukos spintoje, kad nugaruotų tirpiklis. Nugaravus heksanui mėginiai išdžiovinami termostate. Mėginiams išdžiūvus, jie pasveriami ir atliekami skaičiavimai pagal (3) formulę:

$$x = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m}; \quad (3)$$

čia: x – riebalų kiekis, %;

m – mėginio svoris iki džiovavimo, g;

m<sub>1</sub> – suvynioto į filtrą mėginio svoris prieš ekstrakciją, g;

m<sub>2</sub> – suvynioto į filtrą bandinio svoris po ekstrakcijos, g.

### Mineralinių medžiagų kiekio nustatymas

Mineralinių medžiagų nustatytas buvo atliktas naudojant laboratorinę mufelinę krosnį „SNOL“. Analitinėmis svarstyklėmis pasveriamas 1-3 g mėginio į porcelianinį tiglą. Mėginys apdeginimas suanglėjęs mėginys dedamas į mufelinę krosnį. Pasibaigus deginimui mėginys išimamas iš krosnies į eksikatorių. Mėginys atvėsęs iki kambario temperatūros, pasveriamas analitinėmis svarstyklėmis ir apskaičiuojama.

### Skaidulinių medžiagų kiekio nustatymas

Skaidulinių medžiagų nustatymui naudota maistinių skaidulų ekstraktorius „Behr CF 2+2“. Tyrimui į iškaitintą tiglą yra pasveriamas 1 g žaliavos. Jei medžiagoje yra daugiau nei 10 % riebalų, mėginys yra nuriebinamas naudojant acetoną. Tada tigliai yra įstatomi į skaidulinių medžiagų ekstraktorių.

Pirmiausia yra pilama 150 ml karštos 0,13 M sieros rūgšties. Vykdomas 30 min. kaitinimas. Po kaitinimo rūgštis nufiltruojama. Vykdomas praplovimas karštu vandeniu, jis yra nufiltruojamas. Praplovimas vykdomas 2-3 kartus. Tuomet pilamas 150 ml karštas 0,23 M kalio šarmas, vykdomas 30 min. kaitinimas. Po kaitinimo šarmas nufiltruojamas. Vykdomas praplovimas vandeniu. Baigus plovimą nufiltruojama ir tiksliai išimami iš aparato. Perkeliama į eksikatorius ir patalpinami termostate, 105 min. parai laiko ir pasveriami. Po to dedami į mufelinę krosnį, baigus degimui perkeliama į eksikatorius ir atvėsus mėginiai pasveriami. Vykdomi skaičiavimai pagal (4) formulę:

$$w_f = (w_2 - w_3)/w_1; \quad (4)$$

Čia:  $w_f$  – skaidulinių medžiagų kiekis, g/kg;

$w_2$  – mėginio svoris po džiovinimo, g;

$w_3$  – mėginio svoris po deginimo, g;

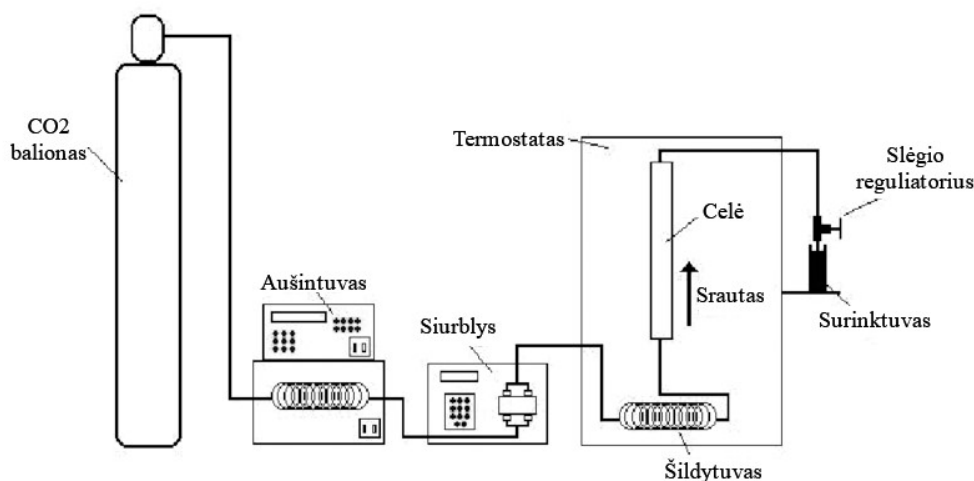
$w_1$  – mėginio svoris, g.

## 2.5. Dalelių dydžio nustatymas

Dalelių dydžio nustatymui naudotas „Mastersizer 2000“ analizatorius sujungtas su „Hydro 2000S“ dispersine sistema. Mėginių matavimas lazerinės difrakcijos metodu. Šis metodas remiasi principu, kad mažos dalelės šviesą išsklaido dideliu kampu, o didelės dalelės – mažu kampu. Bandinys buvo maišomas su distiliuotu vandeniu. Rezultatai išreiškiami pagal tūrį, paviršiaus plotą ir span faktorių. Atlikti trys pakartojimai.

## 2.6. Ekstrakcija superkritiniu skysčiu (SKE-CO<sub>2</sub>)

Ekstrakcijai superkritiniu skysčiu (SKE-CO<sub>2</sub>) naudota laboratorinė (50 cm<sup>3</sup>) superkritinės ekstrakcijos „Helix“ sistema (žr. 9 pav.)



9 pav. SKE – CO<sub>2</sub> ekstrakatoriaus schema [9]

Į ekstrakcijos celę pasveriami 20 g sumalto mėginio, šiek tiek paspaudžiant ir celės apačioje bei viršuje įdedama absorbuojanti vata. Iš pradžių atliekama statinė ekstrakcija, kuri trunka 15 min., jai pasibaigus vykdoma dinaminė ekstrakcija. SKE – CO<sub>2</sub> ekstrakcija esant 60 °C temperatūrai ir 35 MPa slėgiui. Visos ekstrakcijos metu buvo palaikomas 2 l/min CO<sub>2</sub> srautas. Ekstraktai surenkami stikliniuose buteliukuose ir kas 15 min. yra pasveriamas gaunamas ekstraktas. Ekstrakcija vykdoma,

kol sveriamo ekstrakto masė pradeda kisti tūkstantąją dalimi arba nepastebimas joks masės pokytis. Ekstraktai laikomi šaldytuve, tamsioje, sandariai uždarytuose buteliukuose iki tolimesnių tyrimų.

## **2.7. Triacilglicerolių nustatymas**

Tyrimui naudojama ekstraktai gauti atliekant SKE-CO<sub>2</sub> ir soksleto ekstrakcijų. Į mėgintuvėlį pasveriamas 10 mg ekstrakto ir sumaišoma su 1 ml acetono. Naudojant „vortex“ maišoma, kol ištirpsta mėginys. Tuomet naujame mėgintuvėlyje 100 µl gauto tirpalo yra skiedžiamas su 900 µl acetono. Naudojant „vortex“ išmaišoma. Atliekamas paskutinis skiedimas, siekiant gauti 0,1 mg/ml koncentraciją, t.y. 100 µl praskiesto mėginio yra sumaišoma su 900 µl acetono. Gautas mėginys yra filtruojamas per 0,2 µm PTFE filtrą. Atliekama ultraefektyvi skysčių chromatografija.

## **2.8. Takoferolių ir fitosterolių nustatymas**

Į 15 ml mėgintuvėlį pasveriamas 100 mg mėginio (ekrakto), įpilama 3 ml etilo alkoholio ir 0,1 % tretinio-butilhidroksichinono (TBHQ). Naudojant „vortex“ įrenginį mėginys maišomas 10 sekundžių ir įdedamas į vandens vonia 5 min., 85 °C. Praėjus šiam laikui įdedama 0,19 ml 10 mol/l kalio hidroksido ir maišoma 10 sekundžių, tuomet 10 minučių įdedama į vandens vonią. Po 5 minučių mėginiai išmaišomi naudojant „vortex“. Po 10 minučių mėgintuvėliai įdedami ant ledo. Įdedama 3 ml 1 mol/l natrio chlorido tirpalo ir švelniai vartoti 5 kartus.

Į mėgintuvėlius įpilama 3 ml heksano, maišoma 10 sekundžių. Mėginiai centrifuguojami (1000 rpm, 5 min., 4 °C). Tuomet viršutinis sluoksnis perkeliamas į naują mėgintuvėlį ir 2 kartus pakartojama heksano ekstrakcija. Viršutinis sluoksnis perplaunamas naudojant 5 % natrio karbonatą (5 ml) ir 5 kartus vartomi. Mėginiai centrifuguojami, viršutinis sluoksnis perkeliamas į naują mėgintuvėlį ir perplaunamas ultra švariu vandeniu. Mėgintuvėliai vartomi 5 kartus ir viršutinis sluoksnis perkeliamas į naują mėgintuvėlį. Tuomet mėginiai nugarinami naudojant azotą (kambario temperatūroje), ištirpinami 0,25 ml izopropilo alkoholiu ir filtruojami. Atliekama aukštos kokybės skysčių chromatografija (HPLC).

## **2.9. Duonos su juodųjų serbentų išspaudomis, žievele ir sėklomis paruošimas**

Duonos gaminiai buvo kepami naudojant tris elektrines duonkepes „Classics 18036“. Duonkepėse automatizuotai atliktas tešlos maišymas ir visi kepimo etapai. Kepimas buvo vykdomas pagal prancūziškos duonos receptūrą (žr. 4 lentelė). Ingredientai buvo sveriami naudojant analitines svarstyklas „Scaltec SPB31“ ir laboratorines svarstyklas „Precisa xb 6200“.

Pirmiausia į specialų kepimo indą supilamas 40 °C temperatūros vanduo, tuomet druska, miltai ir mielės. Kepant duoną su nefermentuotomis išspaudomis prieš supilant miltus, miltai yra sumaišomi su išspaudomis. Sudėjus visus ingredientus indas įstatomas į duonkepę. Parenkama prancūziškos duonos kepimo programa, kuri trunka 3 valandas 45 minutes. Pasibaigus kepimui duona atvėsinama ir po 24 valandų atliekami tūrio, minkštimo akytumo, drėgmės, spalvos nustatymas bei nufotografuojamas gaminys. Po to duona džiovinama ir smulkinama.

#### 4 lentelė. Prancūziškos duonos receptūra

Ingredientai	Kontrolė	Duona su nefermentuotais 5 % priedais	Duona su fermentuotais 5 % priedais	Duona su nefermentuotais 10 % priedais	Duona su nefermentuotais 10 % priedais
Miltai, g	360	342	342	324	324
Išspaudos, g	0	18	18	36	36
Vanduo, ml	200	205	25	275	75
Vanduo su išspaudomis, ml	0	0	180	0	180
Mielės, g	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Druska, g	3,79	3,79	3,79	3,79	3,79

Gaminant duoną su fermentuotomis išspaudomis, prieš ingredientų sumaišymą atliekamas išspaudų fermentavimas. Juodųjų serbentų išspaudos sumaišomos su vandeniu, naudojant sodos tirpalą pH pakeliamas iki 4,5 ir pridedama 1,08 ml „viscozyme L“ fermento. Viskas išmaišoma ir mėginiai įstatomi į vandens vonia su purtykle „Memmert WNB series“ ir laikoma 40 °C temperatūroje, 4 valandas. Po to įmaišoma į tešlą šią eiga – vanduo, išspaudos, druska, miltai ir mielės.

Kepant duoną su juodųjų serbentų išspaudomis veiktomis ultragarsu ir vėliau fermentuotomis. Paruošimo procesas prasideda išspaudas sumaišant su 40 °C temperatūros vandeniu ir tuomet naudojant rankinį ultragarsinį homogenizatorių „UP200Ht“ jos buvo paveiktos ultragarsu (200 W, 20 min., neviršijant 55 °C temperatūros). Tuomet pakeliamas pH iki 4,5 ir atliekamas fermentavimo procesas. Apsibaigus fermentacijai išspaudos įmaišomos į tešlą.

#### 2.10. Duonos tūrio, minkštimo akytumo ir drėgmės nustatymas

##### Tūrio nustatymas

Tiriamas mėginys įdedamas į puodą su sorų kruopomis. Išstumtas sorų kruopų kiekis yra išmatuojamas matavimo cilindru, cm<sup>3</sup>.

##### Minkštimo akytumas nustatymas

Duonos minkštimo akytumo nustatymas buvo atliktas naudojant standartizuotą LST 1442:1996 metodiką. Tyrimas atliekamas po 24 valandų, pilnai atvėsus duonai. Naudojant Žuravliovo prietaisu yra išpjaujami trys minkštimo mėginiai, pasveriami ir apskaičiuojama (5) pagal formulę:

$$y = \frac{V - \frac{G}{d}}{V} \cdot 100 (\%); \quad (5)$$

čia: y – minkštimo akytumas, %;

V – bendras išpjovų tūris, cm<sup>3</sup>;

G – bendra išpjovų masė, g;

d – beporio minkštimo santykinis tankis (kvietinių miltų 550D duonai – 1,31).

## Drėgmės nustatymas

Drėgmės kiekiui nustatyti buvo naudotas drėgmės analizatoriumi „Moisture Analyser, 60G/0.0001, LCD MB64“. Pasveriamas 1 g tiriamo mėginio ir džiovinamas 105 °C temperatūroje iki pastovios masės. Rezultatas parodomas analizatoriaus ekrane.

### 2.11. Duonos spalvos nustatymas

Spalvos matavimas atliktas su spalvų matuokliu „Chroma meter CR-410“. Matuojama šviesos atspindžio režime pagal CIELAB skalę. Matuoklis išmatuoja produkto:  $L^*$  - šviesumą/tamsumą;  $a^*$  - raudonumą (teigiamos vertės) ir žalumą (neigiamos vertės);  $b^*$  - geltonumą (teigiamos vertės) ir mėlynumą (neigiamos vertės) <sup>[117]</sup>. Matavimams naudojamas standartinis šviesos šaltinis C. Spalva buvo matuojama šviežios duonos riekės. Spalvų skirtumas tarp mėginių išreikštas  $\Delta E^*_{ab}$ , apskaičiuojant pagal (6) formulę:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (6)$$

### 2.12. Duonos juslinis vertinimas

Duonos gaminių juslinis įvertinimas buvo atliktas KTU maisto institute, esant 6 vertintojų grupei. Juslinių savybių įvertinimui taikytas juslinių savybių profilio testas ISO 13299:2016. Iš pradžių vertintojai buvo apmokyti dirbti pagal ISO 8586. Iš anksto atrinktiems mėginiams yra parenkamos savybės, juslinėms savybėms apibūdinti, nustatomos šių savybių intensyvumo vertinimo skalės.

Vertinimas buvo atliktas KTU maisto instituto juslinės analizės laboratorijos kabinose. Buvo vertinamos 24 valandų senumo duonos su 5 % ir 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis. Mėginiai supjaustomi riekelėmis ir sudedami į užkoduotus indėlius ir pateikiami vertintojams. Vertintojų skonio receptorių atstatymui naudotas kambario temperatūros vanduo ir šilta, silpna, nesaldinta arbata.

### 2.13. Duonos antioksidacinių savybių įvertinimas virškinimo fazėse

Tyrimui buvo naudota sumalta (per 0,2 mm sietelį) duona su juodųjų serbentų 10 % žievele, paveikta ultragarsu ir fermentuota, ir duona su juodųjų serbentų 10 % sėklomis, paveiktomis ultragarsu ir fermentuotomis. Kiekvienai virškinimo fazei buvo paruošti 2 mėginiai, po 2 pakartojimus. Burnos fazei – 1 g sumalto mėginio užpilamas 7 ml amilazės tirpalo t.y. 32,5 mg  $\alpha$ -amilazės ištirpinama 25 ml kalcio chloride ( $\text{CaCl}_2$ ), ir inkubuojamas 37 °C temperatūroje 30 minučių.

Skrandžio fazėje – 4 mėginiai, po burnos fazės, yra rūgštinami, naudojant 1 M ir 0,1 M druskos rūgštį (HCl), iki pH pasiekia 2. Tada įdedama 1,2 ml pepsino (0,4 g pepsino ištirpinama 2,5 ml 0,1 M HCl) ir inkubuojama 37 °C temperatūroje 2 valandom.

Žarnyno fazėje – 2 mėginiai, po skrandžio fazės, yra šarminami naudojant 1 M ir 0,1 M natrio hidrokarbonatu ( $\text{NaHCO}_3$ ) iki pH pasiekia 6. Tada yra įpilama 3 ml pankreatino tulžies ekstrakto, kuris gautas 0,1 g pankreatino ir 0,625 g tulžies ekstrakto ištirpinant 25 ml 0,1 M  $\text{NaHCO}_3$ . Pakeliamas pH iki 7,5 ir mėginiai yra inkubuojami 2 valandas 37 °C temperatūroje.

Visų virškinimo fazių metu pasibaigus mėginių inkubacijai, jie yra išimami iš purtyklės. Du iš jų 4 minutėms yra dedami į verdantį vandenį, vėliau atvėsunami leduotame vandenyje ir centrifuguojami

esant 4800 rpm, 30 minučių. Tuomet 1 ml mėginio yra perfiltruojamas. Naudojant „e-BQC lab“ įrenginį nustatomas kiekvienos virškinimo fazės antioksidacinis aktyvumas. Iš pradžių ant e-BQC matavimo juostelių užlašinama 40 µL distiliuoto vandens, atsargiai nuvaloma. Tuomet ant juostelės užlašinama 40 µL mėginio ir pradedamas matavimas. Rezultatai pateikiami aparato ekrane.

#### **2.14. Statistinė analizė**

Statistinė analizė atlikta naudojant „Microsoft Excel 2016“ programinę įrangą. Tyrimų rezultatai pateikti apskaičiuavus rezultatų vidutines reikšmes ir vidutinį standartinį nuokrypį – „STDEV“. Statistinis rezultatų patikimumo įvertinimas atliktas „Statgraphics 19-X64“ programa, Fišerio LSD testu ( $p < 0,05$ ).

### 3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

#### 3.1. Uogų išspaudų bendrieji rodikliai

Literatūroje teigiama, kad uogų, o tuo pačiu ir iš jų gaunamų produktų bei išspaudų sudėčiai įtaką daro įvairūs faktoriai, pavyzdžiui, auginimo sąlygos, veislė, sunokimo lygis, apdorojimo būdai, džiovavimo metodai. Dėl to skiriasi moksliniuose šaltiniuose aptariami duomenys.

Didžiausias drėgmės kiekis nustatytas juodųjų serbentų lapuose –  $7,40 \pm 0,02$  %, mažiausias kiekis buvo nustatytas juodųjų serbentų išspaudose  $3,19 \pm 0,01$  %. Lyginant tik sėklas, drėgniausios buvo sėklos valytos 10 ciklų –  $4,45 \pm 0,02$  %. Sėklose valytuose 20 ciklų –  $4,18 \pm 0,02$  % ir nevalytuose sėklose drėgmės kiekis buvo mažiausias tai yra  $4,08 \pm 0,01$  % (žr. 5 lentelėje). Mokslinėje literatūroje yra nurodoma, kad sėklų drėgmė kiekis yra apie 4,1 %<sup>[87]</sup>, o išspaudų drėgmės kiekis gali būti nuo 3,2 % iki 7,5 %<sup>[88]</sup>.

5 lentelė. Juodųjų serbentų frakcijų bendrieji rodikliai prieš SKE-CO<sub>2</sub>

Žaliava	Drėgmės kiekis, %	Riebalų kiekis, %	Bendras baltymų kiekis, %	Mineralinių medžiagų kiekis, %	Skaidulinių medžiagų kiekis, %
Lapai	$7,40 \pm 0,02$	$1,97 \pm 0,04$	$15,94 \pm 0,02$	$6,45 \pm 0,08$	$11,26 \pm 0,09$
Žievelė	$3,22 \pm 0,01$	$8,66 \pm 0,10$	$10,23 \pm 0,02$	$2,38 \pm 0,09$	$12,21 \pm 0,04$
Išspaudos	$3,19 \pm 0,01$	$9,39 \pm 0,09$	$8,81 \pm 0,04$	$2,93 \pm 0,09$	$12,50 \pm 0,09$
Sėklos (nevalytos)	$4,08 \pm 0,01$	$17,37 \pm 0,11$	$15,91 \pm 0,05$	$3,45 \pm 0,04$	$13,68 \pm 0,07$
Sėklos valymų sk. 10	$4,45 \pm 0,02$	$26,08 \pm 0,09$	$22,34 \pm 0,05$	$3,72 \pm 0,06$	$19,17 \pm 0,06$
Sėklos valymų sk. 20	$4,18 \pm 0,02$	$27,03 \pm 0,09$	$22,59 \pm 0,03$	$3,73 \pm 0,05$	$20,51 \pm 0,07$

Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės  $\pm$  SN.

Kaip ir buvo galima tikėtis mažiausias riebalų kiekis nustatytas lapuose  $1,97 \pm 0,04$  %, o didžiausi kiekiai nustatyti sėklose – valytuose 20 kartų  $27,03 \pm 0,09$  % ir valytuose 10 kartų  $26,08 \pm 0,09$  % (žr. 5 lentelėje). Analizuojant literatūrą matyti, kad riebalų kiekis gautas nevalytuose sėklose ( $17,37 \pm 0,11$  %) yra artimas mokslinių šaltinių nurodomiems rezultatams. E. Rój'aus ir kt. (2008) nustatytas riebalų kiekis juodųjų serbentų sėklose buvo 18%<sup>[87]</sup>. Remiantis kitais moksliniais šaltiniais riebalų kiekis sėklose gali būti nuo 18,3% iki 27,6%<sup>[70]</sup>.

Didžiausias baltymų kiekis buvo nustatytas sėklose, valytuose 20 ciklų ( $22,59 \pm 0,03$  %) ir sėklose, valytuose 10 ciklų ( $22,34 \pm 0,05$  %). Lyginant su E. Rój'aus ir kt. (2008) atliktais tyrimais, baltymų kiekis sėklose buvo 21%<sup>[87]</sup>. Mažiausias kiekis rastas juodųjų serbentų išspauduose ( $8,81 \pm 0,04$  %). Šiam skirtumui tarp išspaudų ir žievelės, galėjo turėti įtakos tai, kad išspaudos buvo iš kitos uogų partijos. Be to literatūroje minima, kad dviejose skirtingose juodųjų serbentų veislių išspauduose bendras baltymų kiekis buvo 11,1% ir 13,3%<sup>[88]</sup>.

Didžiausias maistinių skaidulinių medžiagų kiekis nustatytas sėklose, valytuose 20 kartų, buvo  $20,51 \pm 0,07$  %, o mažiausias skaidulų kiekis buvo juodųjų serbentų lapuose –  $11,26 \pm 0,09$  %. Remiantis literatūra juodieji serbentai pasižymi gausiu skaidulinių medžiagų kiekiu. Tačiau dėl

skirtingų maistinių skaidulinių medžiagų nustatymo metodų yra sunku sulyginti su moksliniuose šaltiniuose nurodomais jų kiekiais.

Didžiausias mineralinių medžiagų kiekis buvo nustatytas juodųjų serbentų lapuose –  $6,45 \pm 0,08$  %. Literatūros šaltiniuose yra teigiama, kad lapai dažniausiai turi didesnę mineralinių medžiagų kiekį, nei vaisius <sup>[89]</sup>. Sėklose nustatytas mineralinių medžiagų kiekis buvo panašus lyginant tarpusavyje. Sėklų atžvilgiu mažiausias kiekis buvo nevalytose sėklose –  $3,45 \pm 0,04$  %. Roj'aus ir kt. (2008) tyrimuose sėklų mineralinių medžiagų kiekis buvo  $3,4$  %<sup>[87]</sup>.

### 3.2. Uogų išspaudų dalelių dydžio palyginimas

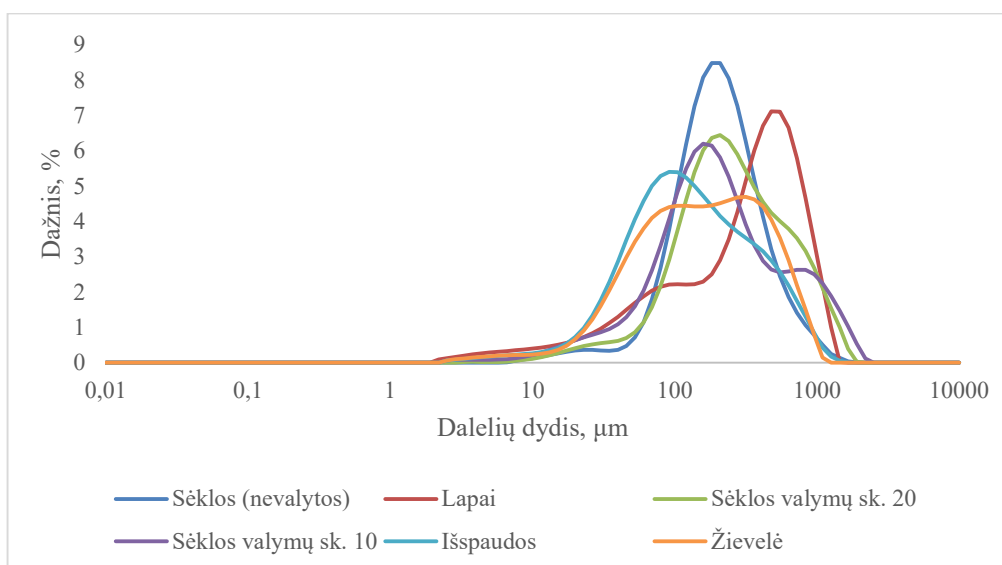
Dalelių dydis turi įtakos bioaktyvių junginių ekstrakcijai, t.y. ekstrakcija greičiau vyksta, kai dalelių dydis yra mažesnis (didesnis bendrasis medžiagos paviršiaus plotas difuzijai) <sup>[90]</sup>. Mokslinėje literatūroje teigiama, kad mažos dalelės ne tik lengvina bioaktyvių junginių išskyrimą, bet jos taip pat pasižymi didesne vandens surišimo geba <sup>[91]</sup>. Dėl šių savybių buvo atlikti dalelių dydžio matavimai. Tyrimo rezultatai pateikti 6 lentelėje

**6 lentelė.** Uogos išspaudų ir lapų dalelių dydžio parametrų palyginimas

Mėginys	Dalelių pasiskirstymas pagal tūrį D [4,3], $\mu\text{m}$	Dalelių pasiskirstymas pagal paviršiaus plotą D [3,2], $\mu\text{m}$	Span
Lapai	$358,35 \pm 13,80$	$69,05 \pm 2,21$	$2,22 \pm 0,05$
Žievelė	$213,58 \pm 4,29$	$68,12 \pm 0,97$	$3,19 \pm 0,02$
Išspaudos	$182,55 \pm 1,67$	$62,54 \pm 0,86$	$3,63 \pm 0,04$
Sėklos (nevalytos)	$234,26 \pm 6,95$	$127,90 \pm 2,99$	$1,99 \pm 0,10$
Sėklos valymų sk. 10	$320,70 \pm 5,99$	$88,93 \pm 1,99$	$4,52 \pm 0,34$
Sėklos valymų sk. 20	$340,23 \pm 9,69$	$142,24 \pm 7,83$	$3,01 \pm 0,07$

Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės  $\pm$  SN.

Gauti duomenys rodo, kad pagal dalelių pasiskirstymą pagal tūrį ir paviršiaus plotą mažiausios dalelės yra juodųjų serbentų išspaudose. Didžiausios dalelės pagal tūrį yra lapuose, o pagal paviršiaus plotą – sėklose, valytuose 20 kartų. Taip pat buvo nustatytas dalelių pasiskirstymas pagal dažnį (žr. 10 pav). Vizualiai galima matyti, kad prieš tai pateikti duomenys pasitvirtina. Taip pat 10 paveiksle galima matyti kokių dalelių yra daugiausiai skirtingose juodųjų serbentų frakcijose.

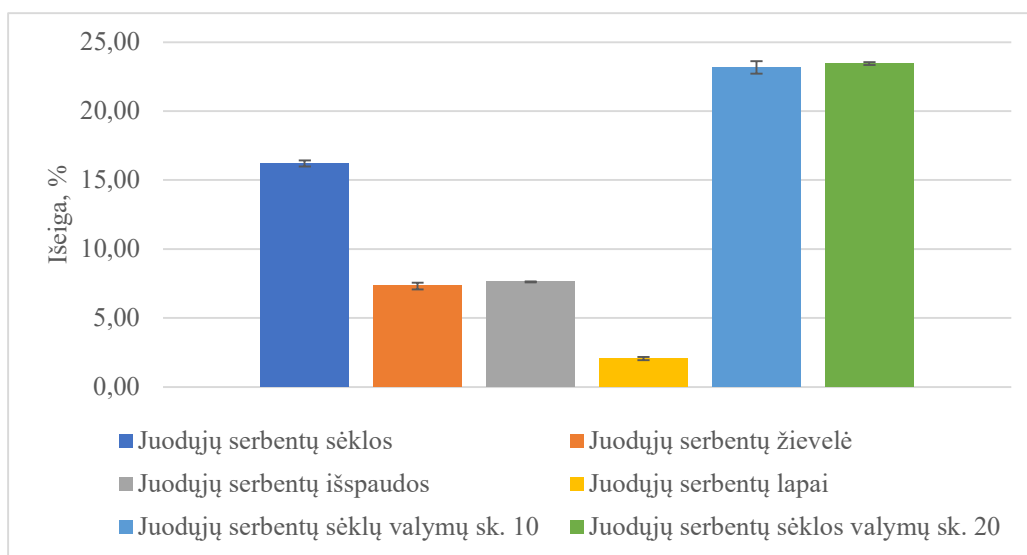


10 pav. Juodųjų serbentų frakcijų dalelių dydžio pasiskirstymas pagal dažnį

### 3.3. Juodųjų serbentų frakcijų superkritinė ekstrakcija anglies dvideginiu

Superkritinė ekstrakcija anglies dvideginiu (SKE-CO<sub>2</sub>) yra naudojama iš augalinės kilmės žaliavų išgauti funkcinius junginius ir panaudoti juos kuriant aukštesnės pridėtinės vertės produktams [92]. Taip pat iš augalinės žaliavos pašalinus nepolinius junginius, atitinkamai padidėja kitų medžiagų koncentracija. Siekiant pilnai išnaudoti žaliavą po ekstrakcijos, ją galima pritaikyti kaip vertingą ingredientą maisto produktų kūrime.

Atlikus juodųjų serbentų frakcijų SKE-CO<sub>2</sub> ekstrakcija buvo surinkti ekstraktai ir apskaičiuotos jų išeigos. Rezultatai pateikti 11 paveiksle.



11 pav. Juodųjų serbentų išspaudų, žievelės, sėklų ir lapų SKE-CO<sub>2</sub> ekstrakcijos išeigos. Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės ± SN

Didžiausia ekstrakto išeiga buvo gauta iš juodųjų serbentų sėklų, valytų 20 kartų (23,47±0,10 %), o sėklų, valytų 10 kartų, išeigos kiekis neturėjo reikšmingo skirtumo (23,18±0,46 %). Tačiau nevalytų sėklų išeiga, lyginant su valytomis, buvo mažesnė – 16,22±0,22 %. G. Gustinelli‘a ir kt. (2018) tyrimo

rezultatai rodo, kad esant 35 MPa slėgiui, 50 °C temperatūrai ir procesui vykstant 60 min., juodųjų serbentų sėklų išeiga buvo 2%, o temperatūrą pakėlus iki 80 °C buvo gauta daugiau nei 6% išeiga [93]. Tyrimo metu ekstrakcijai trunkant 60 min., iš nevalytų sėklų išeiga buvo 7,61±0,32 %. Mažiausias ekstrakto kiekis buvo gautas lapų. Apskaičiavus ekstrakto išeigą gauta, kad iš 20 g lapų buvo pasiekta 2,06±0,12 % išeiga.

Atliktus SKE-CO<sub>2</sub> ekstrakciją buvo iš naujo įvertinti visų juodųjų serbentų frakcijų bendras baltymų, mineralinių medžiagų ir skaidulinių medžiagų kiekiai. Rezultatai pateikti 7 lentelėje.

**7 lentelė.** Juodųjų serbentų frakcijų bendrieji rodikliai po SKE-CO<sub>2</sub>

Žaliava	Bendras baltymų kiekis, %	Mineralinių medžiagų kiekis, %	Skaidulinių medžiagų kiekis, %
Lapai	19,48±0,05	6,83±0,06	13,38±0,07
Žievelė	10,72±0,06	2,46±0,01	14,97±0,07
Išspaudos	9,76±0,10	3,09±0,00	15,27±0,07
Sėklos (nevalytos)	21,37±0,03	3,78±0,00	14,93±0,18
Sėklos valymų sk. 10	30,62±0,06	5,05±0,01	21,77±0,14
Sėklos valymų sk. 20	34,65±0,13	5,13±0,03	24,98±0,15

Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės ± SN.

Kaip ir buvo galima tikėtis, po ekstrakcijos padidėjo visų likusių netirpių medžiagų koncentracija. Bendras baltymų kiekis didžiausias buvo sėklose, valytuose 20 ciklų. Šis kiekis padidėjo daugiau nei 10 % (nuo 22,59±0,03 % iki 34,65±0,13 %) (žr. 5 ir 7 lent.). Juodųjų serbentų išspauduose baltymų kiekis padidėjo ~ 1 % (nuo 8,81±0,04 % iki 9,76±0,10 %).

Mineralinių medžiagų kiekis sėklose padidėjo mažiau nei 2 % (žr. 5. ir 7 lent.). Išspausduose ir žievelės pokyčio dydis buvo mažiau nei 1 %. Skaidulinių medžiagų kiekio pokyčiai išspausduose ir žievelėje buvo daugiau nei 2 %, o sėklose: nevalytuose – daugiau nei 1 %, valytuose 20 kartų – apie 4 %, valytuose 10 kartų – 3 %.

### 3.4. Triacilglicerolių (TAG) sudėtis

Augalinis aliejus daugiausiai yra sudarytas iš triacilglicerolių, kurie yra trijų riebalų rūgščių su gliceroliu esteriai [94]. Kadangi triacilglicerolių hidrolizė virškinimo metu priklauso nuo jų sudėties, buvo nustatyta, kokie triacilgliceroliai (TAG) sudaro juodųjų serbentų sėklų (nevalytų ir valytų 20 kartų), lapų ir žievelės ekstraktus po SKE-CO<sub>2</sub> ir soksleto ekstrakcijų. Rezultatai pateikti 8 lentelėje.

**8 lentelė.** Juodųjų serbentų ekstraktų triacilglicerolių sudėtis

	Sėklos (nevalytos)		Sėklos, valytos 20 ciklų		Žievelė		Lapai	
	Ekstraktas (po SKO-CO <sub>2</sub> ), %	Ekstraktas (po Soksleto), %	Ekstraktas (po SKO-CO <sub>2</sub> ), %	Ekstraktas (po Soksleto), %	Ekstraktas (po SKO-CO <sub>2</sub> ), %	Ekstraktas (po Soksleto), %	Ekstraktas (po SKO-CO <sub>2</sub> ), %	Ekstraktas (po Soksleto), %
LLLn	20,28±0,62	17,69±0,46	15,74±0,08	17,98±0,11	15,05±0,00	9,35±0,02	2,24±0,00	1,66±0,07
LLnLn	20,61±0,60	16,98±0,47	14,32±0,24	15,96±0,23	13,27±0,24	7,94±0,05	6,30±0,08	4,61±0,01
LnLnLn	18,42±0,42	14,57±0,01	11,99±0,04	13,39±0,01	10,86±0,28	5,96±0,13	14,32±0,49	10,49±0,11
OLL	18,79±0,32	16,26±0,79	16,72±0,01	18,88±0,04	17,57±0,04	11,77±0,11	0,00±0,00	0,00±0,00
OLnL	19,97±0,04	16,68±0,41	16,37±0,28	18,29±0,05	16,41±0,23	10,27±0,29	1,15±0,11	0,85±0,04
SLO	17,72±0,46	17,22±0,30	13,59±0,48	17,99±0,73	18,28±0,51	15,20±0,63	0,00±0,00	0,00±0,00
PLL	20,22±0,21	17,46±1,08	15,23±0,16	17,07±0,32	15,61±0,80	11,11±0,07	1,94±0,01	1,36±0,06
PLO	18,92±0,16	16,58±0,03	16,66±0,03	17,63±0,34	17,50±0,46	12,70±0,05	0,00±0,00	0,00±0,00
SLL	18,13±0,37	15,60±0,67	18,13±0,58	18,57±0,26	18,44±0,16	13,01±0,09	0,00±0,00	0,00±0,00

Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės ± SN.

Nevalytų juodųjų serbentų sėklų ekstraktą (po SKE-CO<sub>2</sub> ekstrakcijos) sudarė šie triacilgliceroliai: LLLn – 20,28±0,62 %, LLnLn – 20,61±0,60 %, LnLnLn – 18,42±0,42 %, OLL – 18,79±0,32 %, OLnL – 19,97±0,04 %, SLO – 17,72±0,46 %, PLL – 20,22±0,21 %, PLO – 18,92±0,16 %, SLL – 18,13±0,37 %.

Juodųjų serbentų sėklų, valytų 20 kartų, ekstrakto (po SKE-CO<sub>2</sub>) daugumos triacilglicerolių kiekis buvo mažesnis, nei nevalytų sėklų. Ekstrakto sudėtyje buvo šie TAG: LLLn – 15,74±0,08 %, LLnLn – 14,32±0,24 %, LnLnLn – 11,99±0,04 %, OLL – 16,72±0,01 %, OLnL – 16,37±0,28 %, SLO – 13,59±0,48 %, PLL – 15,23±0,16 %, PLO – 16,66±0,03 %, SLL – 18,13±0,58 %.

Juodųjų serbentų žievelės ekstrakto (po SKE-CO<sub>2</sub> ekstrakcijos) buvo nustatyti šie TAG: LLLn – 15,05±0,00 %, LLnLn – 13,27±0,24 %, LnLnLn – 10,86±0,28 %, OLL – 17,57±0,04 %, OLnL – 16,41±0,23 %, SLO – 18,28±0,51 %, PLL – 15,61±0,80 %, PLO – 17,50±0,46 %, SLL – 18,44±0,16 %.

Juodųjų serbentų lapų ekstrakto (po SKE-CO<sub>2</sub> ekstrakcijos) buvo nustatytas mažesnis kiekis triacilglicerolių. Lapų ekstrakto sudėtį sudarė: LLLn – 2,24±0,00 %, LLnLn – 6,30±0,08 %, LnLnLn – 14,32±0,49 %, OLnL – 1,15±0,11 %, PLL – 1,94±0,01 %. Ekstrakte nebuvo rasta OLL, SLO, PLO ir SLL.

Dauguma atvejų ekstraktuose, gautuose po Soksleto ekstrakcijos, triacilglicerolių kiekis sumažėdavo. Nevalytuose sėklose triacilglicerolių kiekis pakito taip: LLLn – 17,69±0,46 %, LLnLn – 16,98±0,47 %, LnLnLn – 14,57±0,01 %, OLL – 16,26±0,79 %, OLnL – 16,41±0,23 %, SLO – 17,22±0,30 %, PLL – 17,46±0,98 %, PLO – 16,58±0,03 %, SLL – 15,60±0,67 %.

Juodųjų serbentų sėklose, valytose 20 kartų, triacilglicerolių kiekis padidėjo. Šių junginių kiekis po Soksleto ekstrakcijos buvo: LLLn – 17,98±0,11 %, LLnLn – 15,96±0,23 %, LnLnLn – 13,39±0,01 %, OLL – 18,88±0,04 %, OLnL – 18,29±0,05 %, SLO – 17,99±0,73 %, PLL – 17,07±0,32 %, PLO – 17,63±0,34 %, SLL – 18,57±0,26 %.

### 3.5. Takoferolių ir fitosterolių sudėtis

α-, β-, γ-, δ- tokoferoliai yra riebaluose tirpūs organiniai junginiai, kurie pasižymi žmogaus sveikatai naudingomis savybėmis, pavyzdžiui, mažina Parkinsono, Alzheimerio ligų riziką [95]. Fitosteroliai yra augalų ląstelių sienelių sudedamosios dalys [96]. Fitosteroliai, fitosterolių esteriai, fitostanoliai ir fitostanolių esteriai sumažina serumo cholesterolio kiekį, bet taip pat gali sumažinti β-karotino kiekį kraujo serume [97].

Taikant aukšto slėgio skysčių chromatografija buvo nustatytas šių organinių junginių kiekis juodųjų serbentų išspaudų, sėklų ir lapų ekstraktuose po superkritinės ekstrakcijos anglies dvideginiu. Taip pat gauti rezultatai buvo perskaiciuoti į sausas medžiagas (SM). Rezultatai pateikti 9 lentelėje.

**9 lentelė.** Tokoferolių ir fitosterolių sudėties palyginimas juodųjų serbentų išspaudose, sėklose ir lapuose po superkritinės ekstrakcijos anglies dvideginiu

Tokoferoliai ir fitosteroliai	Juodųjų serbentų išspaudos		Juodųjų serbentų sėklos		Juodųjų serbentų lapai	
	Koncentracija ekstrakto	Koncentracija SM	Koncentracija ekstrakto	Koncentracija SM	Koncentracija ekstrakto	Koncentracija SM
α-tokoferolis, mg/kg	781,66±45,20	55,19±3,19	282,43±24,09	45,81 ± 3,91	1123,63±2,49	23,15 ± 0,05
β+γ tokoferoliai, mg/kg	493,09±13,16	34,81 ± 0,93	496,20±10,71	80,48 ± 1,74	991,26±36,13	20,42 ± 0,74
δ-tokoferolis, mg/kg	31,35±2,61	2,21 ± 0,18	34,69±0,22	5,63 ± 0,04	160,85±12,97	3,31 ± 0,27
Stigmasterolis, mg/kg	148,24±6,01	10,47 ± 0,42	92,91±0,50	15,07 ± 0,08	92,55±1,87	1,91 ± 0,04
β-sitosterolis, mg/kg	3079,97±328,39	217,45 ± 23,18	2509,38±93,57	407,02 ± 15,18	4962,43±497,88	102,23 ± 10,26
Ergosterolis, mg/kg	77,73±2,64	5,49 ± 0,19	36,61±7,10	5,94 ± 1,15	0,00±0,00	0,00 ± 0,00
Kampesterolis, mg/kg	558,31±39,99	39,42 ± 2,82	282,10±8,18	45,76 ± 1,33	174,63±6,75	3,60 ± 0,14
Cholestanolis, mg/kg	32,36±2,14	2,28 ± 0,15	32,32±1,32	5,24 ± 0,21	22,16±0,27	0,46 ± 0,01

SM – sausa medžiaga. Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės ± SN.

Galima matyti (žr. 9 lent.), kad didžiausias  $\alpha$ -tokoferolio kiekis ekstrakte buvo rastas juodųjų serbentų lapuose ( $1123,63 \pm 2,49$  mg/kg), tačiau sausojoje medžiagoje jo kiekis buvo mažiausias ( $23,15 \pm 0,05$  mg/kg). Taip pat lapų ekstraktas pasižymėjo didžiausiu  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ - tokoferolių bei  $\beta$ -sitosterolio kiekiu (žr. 9 lent.). Juodųjų serbentų lapuose nebuvo aptikta ergosterolio, kuris yra pagrindinis grybų ląstelių sienelių sudedamoji dalis [98].

Juodųjų serbentų išspaudų ekstraktas pasižymėjo keturių fitosterolių (stigmasterolio, ergosterolio, kampesterolio ir cholestanolio) didžiausiais kiekiais. Mažiausi tokoferolių ir augalinių sterolių kiekiai ekstraktoje buvo nustatyti sėklose. Tačiau lyginant šių junginių kiekius sausojoje medžiagoje, didžiausios koncentracijos buvo juodųjų serbentų sėklose. Išskyrus  $\alpha$ -tokoferolį, kurio daugiausiai buvo juodųjų serbentų išspauduose -  $55,19 \pm 3,19$  mg/kg. Remiantis literatūra, ergosterolio koncentracija sėklose didėja, ilgėjant jų laikymui [99]. Taip pat yra mokslinei šaltiniai nurodo, kad juodųjų serbentų sėklos yra geras tokoferolių ir fitosterolių šaltinis [70].

### 3.6. Išspaudų ir jų apdorojimo būdo įtaka duonos kokybės rodikliams

Duona vienas pagrindinių maisto produktų. Norint nustebinti vartotoją, gamintojas privalo kurti naujus maisto produktus (receptus bei jų paruošimo metodus). Tam buvo pritaikyti apdorojimo procesai kaip fermentavimas ir veikimas ultragarsu, siekiant nustatyti ar juodųjų serbentų išspaudų skirtingo apdorojimo būdai turės įtakos duonos gaminių geresnėms kokybės rodikliams. Remiantis literatūros šaltiniais, veikiant medžiagą ultragarsu, ji yra suskaldoma į smulkesnes daleles, padidinamas tirpiklio veikimo efektyvumas (šiuo atveju fermento). Kaip nurodo mokslinei šaltiniai, fermentacija gali teigiamai paveikti produktų kokybę, kietumą, elastingumą, tūrį ir kitus parametrus [101].

#### 3.6.1. Tūrio rodiklių palyginimas

Tūris yra vienas iš duonos kokybės rodiklių. Šis rodiklis nusako duonos dydį, iškilumą. Dėl to buvo nustatyti visi keptų duonų tūriai. Rezultatai pateikti 10 lentelėje.

**10 lentelė.** Duonos su skirtingomis juodųjų serbentų išspaudų, žievėlės ir sėklų koncentracijomis, ir apdorojimo būdais tūrio palyginimas

Duonos rūšis	Tūris, l
Kontrolinė duona be priedų	$1,54 \pm 0,33^a$
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis	$1,45 \pm 0,06^{bc}$
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele	$1,27 \pm 0,05^{ef}$
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis	$1,43 \pm 0,03^{bc}$
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis	$1,17 \pm 0,04^g$
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuota žievele	$1,72 \pm 0,08^a$
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuotomis sėklomis	$1,43 \pm 0,04^{bc}$
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	$1,31 \pm 0,04^{fg}$
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele, veikta ultragarsu ir fermentuota	$1,32 \pm 0,08^{def}$
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	$1,30 \pm 0,01^{def}$
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis	$1,01 \pm 0,08^j$
Duona su 10% juodųjų serbentų žievele	$0,82 \pm 0,01^h$

## 10 lentelės tęsinys

Duonos rūšis	Tūris, l
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis	1,45±0,03 <sup>bc</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis	1,31±0,05 <sup>def</sup>
Duona su 10% juodųjų serbentų fermentuota žievele	1,32±0,08 <sup>def</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuotomis sėklomis	1,39±0,05 <sup>bcd</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	1,48±0,06 <sup>b</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų žievele, veikta ultragarsu ir fermentuota	1,36±0,07 <sup>cde</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	1,36±0,07 <sup>cde</sup>

<sup>a,b</sup> raidės prie skaičių tame pačiame stulpelyje nurodo reikšmingus skirtumus (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Pateiktos trijų matavimų vertės  $\pm$  SN

Pridedant juodųjų serbentų frakciją į duoną reikšmingai sumažėja produkto tūris (žr. 10 lent.). Didinant priedo koncentraciją ir mažinant miltų kiekį, daroma didesnė įtaka tūriui. Į tešlą įmaišius 5 % juodųjų serbentų žievele buvo gautas mažiausio tūrio duonos gaminy. Padidinus koncentraciją iki 10 % duonos tūris sumažėjo dar labiau. Kadangi tūris daugiausiai priklauso nuo miltų baltymų – gliuteno. Atitinkamai mažinant miltų kiekį ir didinant priedo kiekį, susidaro prastesnė tešlos struktūra ir sumažėja tūris. Remiantis T. Bojnanska'os ir kt. (2012) atlikto tyrimo duomenimis, sumažėjusio tūrio priežastį daugiausiai lėmė sumažėjęs glitimo kiekis, dėl pridėtinių medžiagų, iš kurių neįmanoma išskirti glitimo <sup>[100]</sup>

Siekiant pagerinti tūrio rodiklius prieš duonos kepimą buvo fermentuojamos juodųjų serbentų išspaudos, žievele ir sėklos. Remiantis literatūros šaltiniais, fermentacija gali teigiamai paveikti produktų kokybę, kietumą, elastingumą, tūrį ir kitus parametrus <sup>[101]</sup>. M. Schmiele ir kt. (2016), fermentaciją naudojo, siekiant sumažinti nepageidaujamų medžiagų, tokių kaip lektinas, tripsino inhibitorius ir kt., kiekį, kad nepakenktų duonos kokybės rodikliams <sup>[102]</sup>.

Į duonos sudėtį įterpus 5 % juodųjų serbentų fermentuotos živelės, duonos tūris reikšmingai padidėjo nuo 1,27±0,05 iki 1,72±0,08 l. Esant 10 % fermentuotai žievelei, duonos tūris reikšmingai padidėjo nuo 0,82±0,01 l iki 1,32±0,08 l

Taip pat buvo tiriama, kokią įtaką duonos tūriui turės juodųjų serbentų frakcijų poveikimas ultragarsu. Literatūros šaltiniuose minima, kad taikant ultragarsą yra pažeidžiamos medžiagos ląstelių sienelės, sumažinamas dalelių dydis, padidinama klampa <sup>[103,104]</sup>. Esant mažesnėms dalelėms, padidėja jų paviršiaus plotas, o tai reiškia, kad žaliavą efektyviau turėtų veikti fermentas.

Bendrai žvelgiant į gautus rezultatus (žr. 10 lent.) duonai, su 5 % priedo koncentracija, neturėjo teigiamos įtakos, t.y. tūris nepadidėjo. Tačiau žiūrint į gautus duomenis su 10 % priedu, duonos gaminių tūris didėjo (esant žievelei ir išspaudoms). A. S. Sivam ir kt. (2011) teigimu mažinant glitimo kiekį duonoje, svarbų vaidmenį duonos formos išlaikyme atlieką pektinai ir fenoliai, kurie yra susiję su duonos komponentų sąveiką ruošiant tešlą ir kepant duoną <sup>[105]</sup>. Be to gaminant duoną buvo pastebėta, kad apdorojus frakcijas, duona iškildavo labiau. Geriausiai duona iškildavo, kai juodųjų serbentų frakcijos buvo veikiamos ultragarsu ir vėliau fermentuojamos.

### 3.6.2. Akytumo rodiklių palyginimas

Antrasis duonos kokybės rodiklis yra akytumas. Šis kokybės matas priklauso nuo tūrio, nes esant mažam tūriui, duonos minkštimo akytumas taip pat mažės. Siekiant įvertinti duonų minkštimo akytumo pokyčius esant skirtingoms - priedo koncentracijoms, jų apdorojimo būdams bei naudojant tris skirtingas juodųjų serbentų frakcijas, buvo atliktas akytumo nustatymas. Gauti duomenys pateikti 11 lentelėje.

**11 lentelė** Duonos su skirtingomis juodųjų serbentų išspaudų, žievėlės ir sėklų koncentracijomis ir apdorojimo būdais minkštimo akytumo rezultatų palyginimas

Duonos rūšis	Minkštimo akytumas, %
Kontrolinė duona be priedų	73,18±2,28 <sup>ab</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis	72,56±1,18 <sup>ab</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele	69,47±2,60 <sup>cd</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis	72,51±1,73 <sup>ab</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis	67,58±1,16 <sup>de</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuota žievele	79,90±1,46 <sup>k</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuotomis sėklomis	71,58±1,22 <sup>ac</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	73,03±1,08 <sup>ab</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele, veikta ultragarsu ir fermentuota	72,80±1,88 <sup>ab</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	71,33±1,98 <sup>ac</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis	66,01±1,17 <sup>g</sup>
Duona su 10% juodųjų serbentų žievele	60,49±1,08 <sup>ef</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis	70,03±0,94 <sup>ij</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis	76,27±1,83 <sup>ij</sup>
Duona su 10% juodųjų serbentų fermentuota žievele	64,91±1,38 <sup>f</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuotomis sėklomis	74,80±2,13 <sup>bi</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	71,03±0,84 <sup>ac</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų žievele, veikta ultragarsu ir fermentuota	71,64±1,30 <sup>ac</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	77,23±1,36 <sup>j</sup>

<sup>a,b</sup> raidės prie skaičių tame pačiame stulpelyje nurodo reikšmingus skirtumus (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Pateiktos trijų matavimų vertės ± SN

Reikšmingo pokyčio, pridėjus 5 % juodųjų serbentų išspaudų ir sėklų nebuvo. Tačiau priedo koncentraciją padidinus iki 10 %, duonos minkštimo akytumas sumažėjo. Mažiausias akytumas buvo gautas duonoje su 10 % juodųjų serbentų žievėlės koncentracija. Tačiau pažvelgus į 11 lentelę yra matoma, kad šios duonos tūris buvo labai mažas – 0,82±0,01 l. Taip pat akytumo skirtumus galima pamatyti vizualiai 12 paveiksle.



**12 pav.** Duonų minkštimo akytumo skirtumai (kairė -kontrolė, vidurys – su 5 % žievele, dešinė – su 10 % žievele)

Kaip galima matyti duona su priedais neturi tiek oro tarpų, kiek kontrolinė duona be priedų. Taip pat vizualiai matyti, kad padidinus priedo koncentracija duonos minkštimas atrodo labiau suspaustas. Remiantis literatūra, sumažinus glitimo kiekį, sumažėja gebėjimas sulaikyti susidarancias dujas tešlos kildinimo metu, dėl to mažėja tūris ir gaminio poringumas [100].

Duonos gamyboje naudojant juodųjų serbentų sėklas buvo gauta pakankamai akytas minkštimas. Daugeliu atveju neturintis reikšmingo skirtumo su kontroline duona (žr. 11 lent.). Taip pat vertinant vizualiai galima matyti duonos struktūros, akytumo pokyčius skirtingais apdorojimo būdais (žr. 13 pav.).



**13 pav.** Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis: neapdorotomis (kairė), fermentuotomis (vidurys), ultragarsu veiktomis ir fermentuotomis (dešinė)

### 3.6.3. Duonos drėgmės kiekio palyginimas

Drėgmės kiekis konditerijos gaminiuose yra svarbus kokybės rodiklis. Kadangi esant mažam drėgmės kiekiui duona gali prasidėti žiedėjimo procesas, kurio metu pasikeis ne tik jos išvaizda, bet skonis. Taip pat esant dideliame drėgmės kiekiui ant duonos paviršiaus greičiau pradės augti pelėsis. Norint sužinoti kaip keičiasi duonos drėgmė priklausomai nuo priedo tipo, koncentracijos, apdorojimo būdo buvo nustatytas drėgmės kiekis. Rezultatai pateikti 12 lentelėje.

**12 lentelė.** Duonos su skirtingomis juodųjų serbentų išspaudų, žievėlės ir sėklų koncentracijomis, ir apdorojimo būdais drėgmės kiekio palyginimas

Duonos rūšis	Drėgmės kiekis, %
Kontrolinė duona be priedų	37,38±0,88 <sup>a</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis	42,17±0,98 <sup>fgij</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele	42,55±0,90 <sup>gijk</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis	40,05±0,82 <sup>bcd</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis	39,33±0,53 <sup>f</sup>

## 12 lentelės tęsinys

Duonos rūšis	Drėgmės kiekis, %
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuota žievele	41,6±0,65 <sup>efgi</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų fermentuotomis sėklomis	40,42±0,71 <sup>bcd</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	39,64±0,33 <sup>bd</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele, veikta ultragarsu ir fermentuota	39,62±0,79 <sup>bcd</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	40,79±0,79 <sup>bcd</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis	41,49±0,32 <sup>cefgi</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų žievele	44,25±0,54 <sup>l</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis	41,29±0,71 <sup>cefgi</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis	41,17±0,70 <sup>cef</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuota žievele	44,25±0,82 <sup>fgij</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų fermentuotomis sėklomis	42,72±0,53 <sup>ijk</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	41,45±0,43 <sup>cdefgi</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų žievele, veikta ultragarsu ir fermentuota	43,91±0,56 <sup>jkl</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis	45,12±0,93 <sup>l</sup>

<sup>a,b</sup> raidės prie skaičių tame pačiame stulpelyje nurodo reikšmingus skirtumus (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Pateiktos trijų matavimų vertės  $\pm$  SN

Pagal gautus duomenis galima matyti, kad į duonos sudėtį įdedant priedų, reikšmingai padidėja drėgmės kiekis kontrolės atžvilgiu. Vertinant duonas su 5 % priedų koncentracija, didžiausias drėgmės kiekis nustatytas duonoje su juodųjų serbentų žievele – 42,55±0,90 %. Mažiausias kiekis buvo duonoje su juodųjų serbentų fermentuotomis išspaudomis – 39,33±0,53 %.

10 % koncentracijos grupėje mažiausią drėgmės kiekį turėjo duona su fermentuotomis išspaudomis – 41,17±0,70 %. Didžiausias drėgmės kiekis nustatytas duonoje su ultragarsu veiktomis ir fermentuotomis sėklomis – 45,12±0,93 %. Šiam drėgmės kiekiui galėjo turėti įtakos tai, kad kepant duoną su 10 % priedu buvo padidintas vandens kiekis, dėl didesnio jo sugerinamumo.

### 3.6.4. Baltymų kiekio palyginimas

Baltymai duonos gamyboje yra labai svarbus veiksnys. Glitimo baltymai užtikrina kepinių kokybę, daro įtaką vandens absorbcijai, klampumui, akytumui<sup>[100]</sup>. Taip pat baltymai yra svarbūs junginiai, būtini normaliam žmogaus organizmo funkcionavimui. Siekiant įvertinti duonos gaminiuose baltymų kiekį buvo atliktas bendro baltymų kiekio nustatymas, Kjeldalio metodu. Apskaičiuoti rezultatai pateikti 13 lentelėje.

**13 lentelė.** Baltymų kiekio duonoje su 5 % ir 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, žievele ir sėklomis palyginiamas

Produkto pavadinimas	Bendras baltymų kiekis, %
Kontrolinė duona be priedų	14,47±0,40 <sup>a</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų sėklomis	15,33±0,17 <sup>b</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele	14,05±0,23 <sup>a</sup>
Duona su 5 % juodųjų serbentų išspaudomis	13,65±0,12 <sup>a</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklomis	15,71±0,68 <sup>b</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų žievele	14,11±0,08 <sup>a</sup>
Duona su 10 % juodųjų serbentų išspaudomis	13,74±0,03 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> raidės prie skaičių tame pačiame stulpelyje nurodo reikšmingus skirtumus (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Pateiktos trijų matavimų vertės ± SN.

Didžiausias kiekis baltymų, abiejose priedo koncentracijose, buvo nustatytas duonoje su sėklomis. Su 5 % sėklų priedu baltymų kiekis buvo 15,33±0,17 %, tai reikšmingai skyrėsi nuo kontrolinės duonos be priedų. Su 10 % sėklų priedu, kaip ir buvo galima nuspėti, baltymų kiekis buvo didesnis – 15,71±0,68 %.

Mažiausias baltymų kiekis buvo duonoje su juodųjų serbentų išspaudomis. Duonoje su 5 % išspaudų priedu baltymų kiekis buvo 13,65±0,12 %, o su 10 % išspaudų koncentracija, šis kiekis padidėjo iki 13,74±0,03 %. Nors baltymų kiekis sumažėjo lyginant su kontrolinę duona, be priedų, tačiau tai nėra reikšmingas pokytis.

Galima matyti, kad šie nustatyti baltymų kiekiai atvaizduoja juodųjų serbentų frakcijų nustatytus baltymų kiekius (žr. 5 ir 7 lent.). Atlikus bendrinių rodiklių tyrimus didžiausiu baltymų kiekį turėjo nevalytos sėklos, o mažiausias kiekis buvo rastas juodųjų serbentų išspauduose.

### 3.6.5. Spalvos palyginimas

Gaminant maisto produktą svarbus veiksnys, jo kokybei ir priimtinumui, yra spalva. Norint pagerinti gaminio išvaizdą gamintojai stengiasi naudoti natūralius dažiklius. Vienas iš natūraliai gamtoje randamų pigmentų yra antocianinai. Siekiant iširti spalvų kokybę, būtina objektyviai išmatuoti spalvą. Tam dažnai yra naudojama CIELAB sistema, kuria taikant galima efektyviai išmatuoti spalvų skirtumus ir stebėti spalvų pokyčius apdorojimo ar saugojimo metu <sup>[52]</sup>.

Vizualiai vertinant duonos gaminių spalvos pokyčius buvo pastebėta, kad didinant priedo koncentraciją intensyvėjo gaminio spalva (žr. 14 pav.). Į tešlą įmaišius juodųjų serbentų išspaudas ar žieveles, duona įgyja violetinę spalvą. Šiems spalvos pokyčiams galimai įtaką darė juoduosiuose serbentuose esantys antocianinai <sup>[57]</sup>. Remiantis literatūros šaltiniais, juodųjų serbentų žievelės sudėtyje yra daug polifeloninių junginių, ypač antocianinų, kurie sulčių spaudimo metu išlieka išspaudose <sup>[70]</sup>.



**14 pav.** Spalvų skirtumas tarp kontrolinės duonos (kairėje) ir duonų su juodųjų serbentų išspaudomis (5 % koncentracija – viduryje, 10 % - dešinėje)

Taip pat pastebėta, kad kepant duoną su 5 % fermentuotais bei ultragarsu paveiktais ir vėliau fermentuotais priedais, duonos spalva tampa šviesesnė lyginant su nefermentuotais priedais (žr.15 pav.). Atlikti tyrimai rodo, kad antocianinai yra stabilūs kai pH yra žemesnis nei 4 [106]. Remiantis A. Rommel'o ir kt. (1990) tyrimo rezultatais fermentacijos metu daugelis pigmentų (antocianinų) suyra [107].



**15 pav.** Duona su 5 % juodųjų serbentų žievele (kairėje), su fermentuota 5 % žievele (viduryje), su ultragarsu veikta ir fermentuota 5 % žievele

Spalvų skirtumus taip pat galima matyti ir iš nustatytų spalvų koordinačių (žr.14 lent.). Šviesiausia duona su priedais buvo su 5 % juodųjų serbentų sėklų koncentracija. Tamsiausia duona buvo gauta kepant su 10 % juodųjų serbentų živelės koncentracija. Spalvų skirtumai tarp kontrolinės duonos ir šių dviejų minėtų duonos gaminių galima vizualiai matyti 16 paveiksle.

**14 lentelė.** Skirtingų duonos gaminių spalvos koordinačių reikšmių palyginimas

Duonos tipas	Rėkės		
	L*	a*	b*
Duona su 5 % j.s mišiniu	37,77 ± 0,59	12,34 ± 0,07	5,79 ± 0,25
Duona su 5 % j. S. žievele	32,57 ± 1,13	11,39 ± 0,22	-0,05 ± 0,04
Duona su 5 % j. S sėklomis	43,24 ± 1,41	5,54 ± 0,17	8,96 ± 0,23
Duona su 5 % j.s mišiniu fermentuotu	38,02 ± 1,77	12,60 ± 0,20	6,99 ± 0,28
Duona su 5 % j.s žievele fermentuota	32,41 ± 0,50	7,81 ± 0,08	7,91 ± 0,25
Duona su 5 % j.s sėklomis fermentuotomis	44,39 ± 0,75	5,42 ± 0,08	10,79 ± 0,35
Duona su 10 % j.s mišiniu fermentuotu	31,22 ± 1,55	8,77 ± 0,56	4,74 ± 0,51
Duona su 10% j.s žievele fermentuota	29,48 ± 0,64	8,37 ± 0,22	0,43 ± 0,12
Duona su 10 % j.s sėklomis fermentuotomis	35,99 ± 1,10	6,63 ± 0,13	8,60 ± 0,34
Duona su 10% j.s živelė	32,65 ± 0,30	7,24 ± 0,17	-1,23 ± 0,06

#### 14 lentelės tęsinys

Duonos tipas	L*	a*	b*
Duona su 10 % j.s mišiniu	32,94 ± 1,40	14,26 ± 0,69	2,48 ± 0,27
Duona su 10 % j.s sėklomis	32,36 ± 0,93	6,33 ± 0,22	6,28 ± 0,22
Duona su 5 % j.s mišiniu fermentuotu ir paveiktu ultragarsu	40,21 ± 1,00	8,01 ± 0,17	9,07 ± 0,03
Duona su 5 % j.s sėklomis fermentuota ir paveikta ultragarsu	44,25 ± 1,30	5,24 ± 0,22	10,01 ± 0,30
Duona su 5 % j.s žievele fermentuota ir paveikta ultragarsu	41,56 ± 1,75	8,79 ± 0,15	6,76 ± 0,32
Duona su 10 % j.s mišiniu fermentuotu ir paveiktu ultragarsu	30,73 ± 0,71	8,57 ± 0,30	4,27 ± 0,27
Duona su 10 % j.s sėklomis fermentuota ir paveikta ultragarsu	32,30 ± 0,76	6,48 ± 0,20	6,42 ± 0,20
Duona su 10 % j.s žievele fermentuota ir paveikta ultragarsu	30,18 ± 1,34	9,25 ± 0,41	1,93 ± 0,50

Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės ± SN.

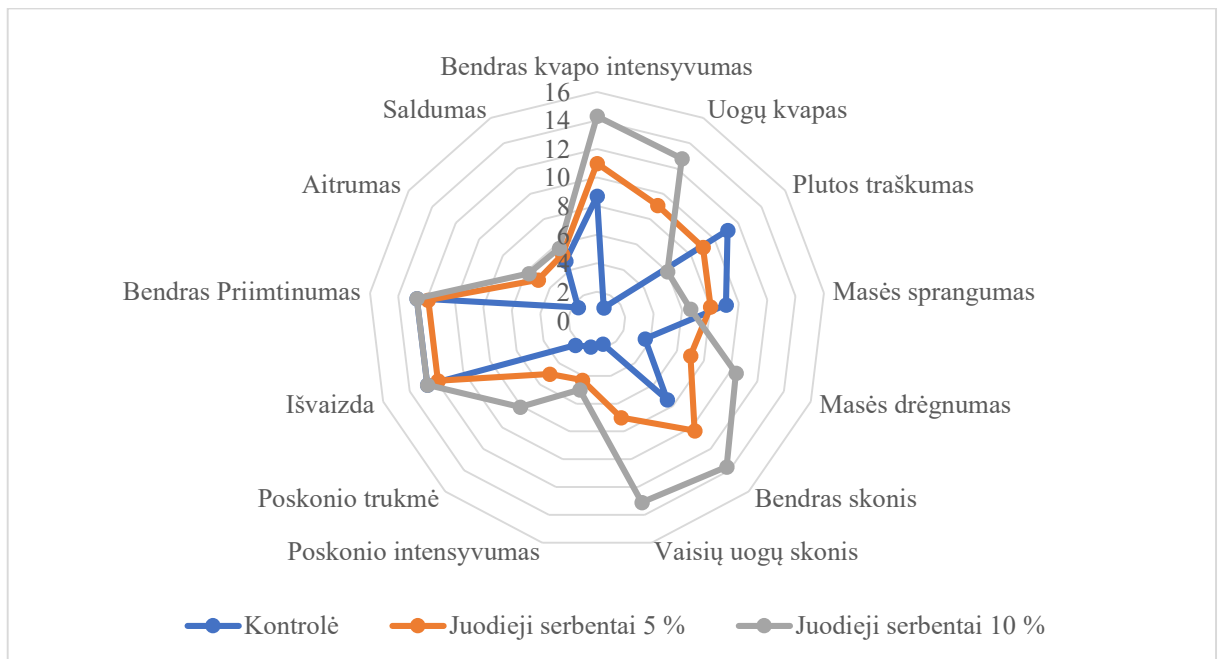


**16 pav.** Spalvų skirtumas tarp kontrolinės duonos (kairė), duonos su 5 % juodųjų serbentų sėklomis (vidurys) ir duonos su 10 % juodųjų serbentų fermentuota žievele

Taip pat spalvų skirtumas, tarp šių duonos gaminių, buvo išreikštas skaitine reikšme, apskaičiant  $\Delta E$ . Kontrolinės duonos be priedų ir su 5 % juodųjų serbentų sėklomis  $\Delta E = 26,93$ . Kontrolinės duonos be priedų ir duonos su 10 % juodųjų serbentų fermentuota žievele  $\Delta E = 41,30$ . Duonos su 5 % juodųjų serbentų sėklomis ir duonos su 10 % juodųjų serbentų fermentuota žievele  $\Delta E = 14,57$ .

#### 3.6.6. Juslinis vertinimas

Norint įvertinti produkto priimtinumą vartotojui atlikta juslinė analizė. Tyrimo metu buvo vertinamos 3 duonos – kontrolinė duona, be priedų, duona su 5 % ir 10 % juodųjų serbentų išspaudomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis. Analizė parodė, kad į gaminio sudėtį įtraukus juodųjų serbentų išspaudas pakinta duonos spalva, kvapas, skonis ir tekstūra (žr. 17 pav.). Produktas tampa labiau priimtinas visuomenei.



17 pav. Juslinės analizės rezultatų apibendriniamas

Nustatyta, kad pridėjus į tešlą juodųjų serbentų išspaudų galutinio produkto spalva patamsėdavo. Didinant išspaudų koncentraciją duonos spalva intensyvėdavo. Panaši tendencija duonos gamyboje buvo pastebėta naudojant vynuogių išspaudas <sup>[108]</sup> ir riešutų produktus <sup>[109]</sup>.

Pridėjus uogų išspaudų kvapas tapo intensyvesnis, silpniau jautėsi grūdiniams produktams būdingas kvapas, atsirado aiškiai išreikštas intensyvus uogų kvapas, bei su rūgštumu ir saldumu siejami kvapai. Toks pat efektas nustatytas ir skonio savybėms, t.y. pridėjus juodųjų serbentų išspaudų skonis buvo intensyvesnis, jame silpniau jautėsi grūdinių produktų skonis lyginant su kontroliniu mėginiu. Atsirado uogų skonis, todėl jautėsi rūgštumas, kartumas, aitrumas.

Aitrumas yra būdingas fenolinių medžiagų turintiems produktams <sup>[110]</sup>. Kartumas ir aitrumas uogose yra siejamas su proantocianidiniais <sup>[111]</sup>, ypač juoduosiuose serbentuose. Remiantis R. Tolve'o ir kt. duomenimis kartumas ir aitrumas yra įprastos savybės produktuose su uogomis, dėl šių savybių atsiranda skonio asociacija su uogomis <sup>[118]</sup>. Be to ši savybė, neturi neigiamo poveikio produkto skonio priimtinumui. Tačiau aitrumo priimtumas priklauso nuo naudojamų uogų kiekio ir juose esančių fenolinių junginių koncentracijos <sup>[112]</sup>.

Naudojant juodųjų serbentų išspaudas pakito duonos tekstūros savybės. Didėjant pridėtų išspaudų kiekiui mažėjo plutos traškumas, masės sprangumas. Taip pat padidėjo masės minkštumas, masės drėgnumas. Juodųjų serbentų išspaudos suteikė duonai nebūdingą spalvą, tačiau jei produktas į rinką pateks ne kaip įprastinės duonos pakaitalas, o kaip unikalus savo spalva produktas, tai lieka priimtina. Tekstūra buvo vienintelė savybė, kurios pokytis turėjo reikšminę įtaką priimtinumui. Kadangi kontrolinė duona pasižymėjo gana kieta pluta ir jos minkštimo masė buvo gana sausa, pridėjus juodųjų serbentų išspaudų minkštesnė tekstūra vertinta kaip labiau priimtina.

### 3.6.7. Antioksidaciniu aktyvumu pasižyminčių junginių išsiskyrimo virškimo in vitro metu tyrimai

Kuriant maisto produktus yra ieškoma ingredientų, kurie galėtų praturtinti būsimą maisto produktą natūraliais antioksidantais. Tam buvo panaudotos juodųjų serbentų išspaudos, žievelė ir sėklos. Apdorojus šias medžiagas buvo padidintos įvairių medžiagų koncentracijos tarp jų ir antioksidacinėmis savybėmis pasižymintys junginiai. Juodųjų serbentų frakcijas panaudojus maisto produkto gamyboje, buvo nuspręsta imituoti virškinimo procesą. Siekiant nustatyti suvirškinamos maisto produkto dalies antioksidacinį aktyvumą. Gauti duomenys pateikti 15 lentelėje.

**15 lentelė.** Antioksidacinis aktyvumas virškinimo fazėse

	Kontrolinė duona be priedų			Duona su 10 % juodųjų serbentų žievelė veikta ultragarsu ir fermentuota			Duona su 10 % juodųjų serbentų sėklos veiktos ultragarsu ir fermentuotos		
	Burnos fazė	Skrandžio fazė	Žarnyno fazė	Burnos fazė	Skrandžio fazė	Žarnyno fazė	Burnos fazė	Skrandžio fazė	Žarnyno fazė
Greitieji antioksidantai, $\mu\text{C}$	11,53±1,79	5,47±2,93	30,36±1,36	19,47±2,61	15,38±0,03	55,67±8,67	7,85±0,76	8,47±0,77	39,01±1,57
Lėtieji antioksidantai, $\mu\text{C}$	16,20±2,99	17,63±8,78	87,43±3,88	34,6±4,20	35,18±0,69	97,60±2,12	19,48±2,14	43,43±2,16	97,37±4,48
Bendrai, $\mu\text{C}$	27,73±4,77	22,78±11,11	121,52±2,12	54,06±6,85	51,16±1,61	153,26±5,32	27,33±1,60	51,90±2,16	136,55±5,02

Pateiktos vidutinės trijų matavimų vertės  $\pm$  SN.

Lyginant kiekvieną virškinimo fazę atskirai, didžiausias antioksidantų aktyvumas burnos fazėje buvo duonoje su 10 % juodųjų serbentų žievelę, veikta ultragarsu ir fermentuota. Skrandžio fazėje daugiausiai greitųjų antioksidantų (junginiai, turintys didžiausią antioksidacinę gebą sustabdyti laisvuosius radikalus <sup>[113]</sup>, vitaminas C, vitaminas E ir t.t.) buvo duonoje su žievele (15,38±0,03  $\mu\text{C}$ ). Lėtųjų antioksidantų (tokie junginiai kaip polifenoliai, astaksantinas,  $\alpha$ -lipoinė rūgštis ir t.t. <sup>[113]</sup>) buvo duonoje su 10 % juodųjų serbentų sėklomis, veiktomis ultragarsu ir fermentuotomis (43,43±2,16  $\mu\text{C}$ ). Žarnyno fazėje taip pat dominavo duona su žievele. Tačiau tiek duonoje su žievele, tiek su sėklomis lėtųjų antioksidantų buvo panašus kiekis.

Bendrai vertinant didžiausias antioksidacinis aktyvumas buvo duonoje su 10 % juodųjų serbentų žievelę, veikta ultragarsu ir fermentuota. Tam galėjo turėti įtakos tai, kad juodieji serbentai savo sudėtyje turi didelį kiekį antocianinų, proantocianinų, askorbo rūgšties, fenolinių junginių <sup>[114]</sup>. Didžioji dalis šių junginių yra randama juodųjų serbentų žievelėje <sup>[115]</sup>.

## IŠVADOS

1. Nustatyta, kad mechaniškai frakcionuotų juodųjų serbentų išspaudų produktų sudėtis ženkliai skiriasi: sėklose, ypač gerai išvalytose nuo kitų dalių, riebalų buvo - 27,03 %, baltymų - 22,59 %, mineralinių medžiagų - 3,73 % ir skaidulinių medžiagų - 20,51 %; nevalytose sėklose riebalų buvo – 17,37 %, baltymų – 15,91 %, mineralinių medžiagų – 3,45 % ir skaidulinių medžiagų – 13,68 %; nuo sėklų atskirtose žievelėse šių medžiagų buvo atitinkamai, mineralinių medžiagų – 2,38 %, baltymų – 10,23 %, riebalų – 8,66 %, skaidulinių medžiagų – 12,21 %. Juodųjų serbentų lapuose šių medžiagų buvo daug mažiau.
2. Įvertinus trijų mechaniškai frakcionuotų išspaudų tokoferolių kiekius nustatyta, kad juodųjų serbentų lapų ekstrakto buvo didžiausias  $\alpha$ -tokoferolio kiekis – 1123,63 mg/kg. Išspauduose – 781,66 mg/kg ir sėklose – 282,43 mg/kg. Vertinant sausojoje masėje didžiausią koncentraciją pasižymėjo juodųjų serbentų sėklos - 45,81 mg/kg; išspauduose – 55,19 mg/kg ir lapuose – 23,15 mg/kg.
3. Juodųjų serbentų išspaudose esantys bioaktyvūs junginiai daro įtaką duonos mitybinei vertei, tekstūros savybėms – pakinta spalva, sumažėja masės sprangumas, plutos traškumas bei susiformuoja vaisių, uogų skonis. Uogų išspaudų pridėtis sumažina duonos tūrį ir aktyumą lyginant su kontroliniu gaminiu. Pastebėtas teigiamas poveikis, padidinamas duonos tūris, duonos gaminyje daugiau iškyla, išspaudas apdorojant ultragarsu ir fermentuojant. To priežastis – dalelių nuskaldymas, didesnio paviršiaus sąveika su fermentu.
4. Nustatyta, kad į duonos sudėtį įtraukus juodųjų serbentų žievelę ir sėklas yra padidinamas antioksidacinis aktyvumas, pasižyminčių junginių išsiskyrimo virškimo in vitro metu. Didžiausias antioksidacinis aktyvumas nustatytas duonoje su 10 % juodųjų serbentų žievelę, veikta ultragarsu ir fermentuota. Tam turėjo įtakos antiosidacinėmis savybėmis pasižymintys organiniai junginiai antocianinai, vitaminas C, fenoliniai junginiai.

## **MOKSLINĖS KONFERENCIJOS**

Projekto duomenys buvo pristatyti mokslinėje konferencijoje „Chemija ir cheminė technologija 2021“ ir inovacijų parodoje-konkurse „Technorama 2021“.

## **PADĖKA**

Dėkoju magistro baigiamojo darbo vadovui Prof. dr. Petrui Rimantui Venskutoniui už darbo temos idėją, mokslines konsultacijas tyrimų vykdymo ir darbo rengimo metu. Taip pat dėkoju KTU Cheminės technologijos fakulteto darbuotojams: dr. Laurai Tamkutei, mokslo darbuotojoms Ritai Kazernavičiūtei ir Ramutei Maždžierienei, už pagalbą atliekant tyrimus.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. GOUVEIA, L. et al. *Microalgae in novel food products*. . 2009. 265–300 p. ISBN 9781606920084.
2. SÓJKA, M. - KRÓL, B. Composition of industrial seedless black currant pomace. In *European Food Research and Technology* [interaktyvus]. 2009. Vol. 228, no. 4, p. 597–605. Prieiga per internetą: <<http://link.springer.com/10.1007/s00217-008-0968-x>>.
3. HILZ, H. et al. Cell wall polysaccharides in black currants and bilberries - Characterisation in berries, juice, and press cake. In *Carbohydrate Polymers* . 2005. Vol. 59, no. 4, p. 477–488. .
4. J. JUSKIEWICZ et al. *Effect of the inclusion of black currant (Ribes nigrum L.) pomace in standard and high energy dense diets on the functioning of the digestive system in rabbits* [interaktyvus]. . [s.l.]: Verlag Eugen Ulmer, 2014. .
5. MINDAUGAS NAVASAITIS, REMIGIJUS OZOLINČIUS, DOMAS SMALIUKAS, JŪRATĖ BALEVIČIENĖ Juodasis serbentas. In *Lietuvos Dendroflora* . Kaunas: Lututė, 2003. p. 390–395. ISBN 9955-575-35-2.
6. ISOKAS, G. Juodasis serbentas. In *Enciklopedinė miško knyga* . Vilnius: Minties, 2001. p. 180–181. ISBN 5-417-00831-1.
7. VILNIAUS UNIVERSITETO BOTANIKOS SODAS Serbentai. In [interaktyvus]. 2017. Prieiga per internetą: <<https://www.botanikos-sodas.vu.lt/gallery/Renginiai-ir-sventes/Ekskursijos%2C edukacijos%2C mokymai/Penktdienis-kolekcijoje//Serbentai/311>>.
8. STASYS ŠVIRINAS *Jaunajam sodininkui*. . Sud. Gediminas Stubra. Kaunas: Šviesa, 1990. 52–55 p. ISBN 5-430-00722-6.
9. CORTEZ, R.E. - GONZALEZ DE MEJIA, E. Blackcurrants (Ribes nigrum): A Review on Chemistry, Processing, and Health Benefits. In *Journal of Food Science* . 2019. Vol. 84, no. 9, p. 2387–2401. .
10. DOBSON, G. et al. Lipophilic components in black currant seed and pomace extracts. In *European Journal of Lipid Science and Technology* [interaktyvus]. 2012. Vol. 114, no. 5, p. 575–582. Prieiga per internetą: <[www.ejlst.com](http://www.ejlst.com)>.
11. GUNSTONE, F.D. FATTY ACIDS | Gamma-linolenic Acid. In *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* . [s.l.]: Elsevier, 2003. p. 2308–2311. .
12. KERRIHARD, A.L. - PEGG, R.B. Utilizing the bioactive contents of specialty oils and fats. In *Specialty Oils and Fats in Food and Nutrition* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2015. p. 317–348. [žiūrėta 2021-04-17]. ISBN 9781782423973 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781782423768000132>>.
13. SCHMITZ, G. - ECKER, J. The opposing effects of n–3 and n–6 fatty acids. In *Progress in Lipid Research* [interaktyvus]. 2008. Vol. 47, no. 2, p. 147–155. [žiūrėta 2020-11-21]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0163782707000574>>.
14. ŘEZANKA, T. et al. Regioisomeric and enantiomeric analysis of triacylglycerols. In *Analytical Biochemistry* [interaktyvus]. 2017. Vol. 524, p. 3–12. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003269716301130?token=FE601EC546301FA803424777BC3320EF822C3FEFB706306F68E9874F0A0012AB971C592738280C4AB0560EB7FD4BBB4F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210527205728>>.

15. NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION gamma-Linolenic acid | C18H30O2 - PubChem. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-04-25]. Prieiga per internetą: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/gamma-Linolenic-acid>>.
16. KAUR, N. et al. Essential fatty acids as functional components of foods- a review. In *Journal of Food Science and Technology* . 2014. Vol. 51, no. 10, p. 2289–2303. .
17. SERGEANT, S. et al. Gamma-linolenic acid, Dihommo-gamma linolenic, Eicosanoids and Inflammatory Processes. In *European Journal of Pharmacology* [interaktyvus]. 2016. Vol. 785, p. 77–86. [žiūrėta 2021-04-17]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014299916302345>>.
18. TASSET-CUEVAS, I. et al. Protective effect of borage seed oil and gamma linolenic acid on DNA: in vivo and in vitro studies. In MCCORMICK, D.L.Sud. *PloS one* [interaktyvus]. 2013. Vol. 8, no. 2. Prieiga per internetą: <[www.plosone.org](http://www.plosone.org)>.
19. PHAM, H. et al. Dietary  $\gamma$ -linolenate attenuates tumor growth in a rodent model of prostatic adenocarcinoma via suppression of elevated generation of PGE2 and 5S-HETE. In *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* [interaktyvus]. 2006. Vol. 74, no. 4, p. 271–282. [žiūrėta 2021-04-17]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0952327806000044>>.
20. QIAN, S. - XU, Y. Anti-cancer activities of  $\omega$ -6 polyunsaturated fatty acids. In *Biomedical Journal* [interaktyvus]. 2014. Vol. 37, no. 3, p. 112–119. Prieiga per internetą: <[http://biomedj.cgu.edu.tw/pdfs/2014/37/3/images/BiomedJ\\_2014\\_37\\_3\\_112\\_131378.pdf](http://biomedj.cgu.edu.tw/pdfs/2014/37/3/images/BiomedJ_2014_37_3_112_131378.pdf)>.
21. ROY, S. et al. Mitochondrial apoptosis and curtailment of hypoxia-inducible factor-1 $\alpha$ /fatty acid synthase: A dual edge perspective of gamma linolenic acid in ER+ mammary gland cancer. In *Cell Biochemistry and Function* [interaktyvus]. 2020. Vol. 38, no. 5, p. 591–603. Prieiga per internetą: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cbf.3513>>.
22. PONTES-ARRUDA, A. et al. Enteral nutrition with eicosapentaenoic acid,  $\gamma$ -linolenic acid and antioxidants in the early treatment of sepsis: Results from a multicenter, prospective, randomized, double-blinded, controlled study: The INTERSEPT Study. In *Critical Care* . 2011. Vol. 15, no. 3, p. 1–15. .
23. GUNSTONE, F. Vegetable sources of lipids. In *Modifying Lipids for Use in Food* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2006. p. 11–27. [žiūrėta 2021-04-17]. ISBN 9781855739710 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781855739710500021>>.
24. NYKIFORUK, C.L. et al. High level accumulation of gamma linolenic acid (C18:3 $\Delta$ 6,9,12 cis) in transgenic safflower (*Carthamus tinctorius*) seeds. In *Transgenic Research* [interaktyvus]. 2012. Vol. 21, no. 2, p. 367–381. Prieiga per internetą: <<http://link.springer.com/10.1007/s11248-011-9543-5>>.
25. SHIRAI, K. et al. Effect of enteral diet enriched with eicosapentaenoic acid, gamma-linolenic acid, and antioxidants in patients with sepsis-induced acute respiratory distress syndrome. In *Journal of Intensive Care* [interaktyvus]. 2015. Vol. 3, no. 1, p. 24. Prieiga per internetą: <<http://www.jintensivecare.com/content/3/1/24>>.
26. CHANG, C.S. et al. Gamma-linolenic acid inhibits inflammatory responses by regulating nf- $\kappa$ B and AP-1 activation in lipopolysaccharide-induced RAW 264.7 macrophages. In *Inflammation* . 2010. Vol. 33, no. 1, p. 46–57. .
27. KHAN, S.A. et al. Unraveling the Complex Relationship Triad between Lipids, Obesity, and Inflammation. In *Mediators of Inflammation*. 2014. Vol. 2014, p. 1–16.

28. HUANG, H.Y. - APPEL, L.J. Supplementation of diets with  $\alpha$ -tocopherol reduces serum concentrations of  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol in humans. In *Journal of Nutrition* [interaktyvus]. [s.l.]: American Heart Association, 2003. p. 3137–3140. Prieiga per internetą: <<https://academic.oup.com/jn/article/133/10/3137/4687537>>.
29. BAKOWSKA-BARCZAK, A.M. et al. Characterization of Canadian black currant (*Ribes nigrum* L.) seed oils and residues. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [interaktyvus]. 2009. Vol. 57, no. 24, p. 11528–11536. Prieiga per internetą: <<https://pubs.acs.org/sharingguidelines>>.
30. RIZVI, S. et al. The role of vitamin e in human health and some diseases. In *Sultan Qaboos University medical journal* [interaktyvus]. 2014. Vol. 14, no. 2, p. 157–65. Prieiga per internetą: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24790736>>.
31. CHIN, K.Y. - IMA-NIRWANA, S. Vitamin e as an antiosteoporotic agent via receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand signaling disruption: Current evidence and other potential research areas. In *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* . 2012. Vol. 2012, no. August 2012. .
32. RAEDERSTORFF, D. et al. Vitamin E function and requirements in relation to PUFA. In *British Journal of Nutrition* [interaktyvus]. 2015. Vol. 114, no. 8, p. 1113–1122. Prieiga per internetą: <<https://doi.org/10.1017/S000711451500272X>>.
33. INSTITUTE OF MEDICINE *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids* [interaktyvus]. . Washington, D.C.: National Academies Press, 2000. ISBN 978-0-309-06935-9.
34. SHAHIDI, F. - CAMARGO, A.C. DE Tocopherols and Tocotrienols in Common and Emerging Dietary Sources: Occurrence, Applications, and Health Benefits. In *International journal of molecular sciences* [interaktyvus]. 2016. Vol. 17, no. 10, p. 1745. Prieiga per internetą: <[www.mdpi.com/journal/ijms](http://www.mdpi.com/journal/ijms)>.
35. AGGARWAL, B. - NESARETNAM, K. Vitamin E tocotrienols: Life beyond tocopherols. In *Genes and Nutrition* [interaktyvus]. 2012. Vol. 7, no. 1, p. 1. [žiūrėta 2021-04-19]. . Prieiga per internetą: <<http://genesandnutrition.biomedcentral.com/articles/10.1007/s12263-011-0234-x>>.
36. CLARKE, M.W. et al. Vitamin E in Human Health and Disease. In *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences* [interaktyvus]. 2008. Vol. 45, no. 5, p. 417–450. Prieiga per internetą: <<https://doi.org/10.1080/10408360802118625>>.
37. GUGLIANDOLO, A. et al. Role of Vitamin E in the Treatment of Alzheimer’s Disease: Evidence from Animal Models. In *International Journal of Molecular Sciences* [interaktyvus]. 2017. Vol. 18, no. 12, p. 2504. Prieiga per internetą: <[www.mdpi.com/journal/ijms](http://www.mdpi.com/journal/ijms)>.
38. PEHLIVAN, F.E. Vitamin C: An Antioxidant Agent. In HAMZA, A.H.Sud. *Vitamin C* [interaktyvus]. [s.l.]: InTech, 2017. p. 23–35. [žiūrėta 2021-04-17]. ISBN 978-953-51-3421-3 Prieiga per internetą: <[https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=-PyPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA23&dq=vitamin+c+antioxidant&ots=rQ99wUPn\\_C&sig=tniazmMa9\\_CN7lSCcLe2kvEEgWU&redir\\_esc=y#v=onepage&q=vitamin+c+antioxidant&f=false](https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=-PyPDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA23&dq=vitamin+c+antioxidant&ots=rQ99wUPn_C&sig=tniazmMa9_CN7lSCcLe2kvEEgWU&redir_esc=y#v=onepage&q=vitamin+c+antioxidant&f=false)>.
39. PUBCHEM Ascorbic acid | HC6H7O6 - PubChem. In *National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information, US National Institute of Health* [interaktyvus]. 2021. [žiūrėta 2021-05-21]. Prieiga per internetą: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ascorbic-acid>>.

40. AGOSTONI, C. et al. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin C. In *EFSA Journal* [interaktyvus]. 2013. Vol. 11, no. 11, p. 3418–3420. [žiūrėta 2021-05-17]. . Prieiga per internetą: <[www.efsa.europa.eu/efsajournal](http://www.efsa.europa.eu/efsajournal)>.
41. HATHCOCK, J.N. et al. Vitamins E and C are safe across a broad range of intakes. In *The American Journal of Clinical Nutrition* [interaktyvus]. 2005. Vol. 81, no. 4, p. 736–745. [žiūrėta 2021-04-17]. . Prieiga per internetą: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/81/4/736/4648895>>.
42. VISKELIS, P. et al. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Small Fruits. In . 2004. Vol. 3, no. 1977, p. 399–414. .
43. HEMILÄ, H. Vitamin C and Infections. In *Nutrients* [interaktyvus]. 2017. Vol. 9, no. 4, p. 339. Prieiga per internetą: <[www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients)>.
44. ROBERTSON, E.C. THE VITAMINS AND RESISTANCE TO INFECTION. In *Medicine* [interaktyvus]. 1934. Vol. 13, no. 2, p. 123–206. [žiūrėta 2021-05-21]. . Prieiga per internetą: <[https://journals.lww.com/md-journal/Citation/1934/05000/THE\\_VITAMINS\\_AND\\_RESISTANCE\\_TO\\_INFECTION.1.aspx](https://journals.lww.com/md-journal/Citation/1934/05000/THE_VITAMINS_AND_RESISTANCE_TO_INFECTION.1.aspx)>.
45. FEYAERTS, A.F. - LUYTEN, W. Vitamin C as prophylaxis and adjunctive medical treatment for COVID-19? In *Nutrition* [interaktyvus]. 2020. Vol. 79–80, p. 110948. [žiūrėta 2021-05-16]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0899900720302318?token=DF800DAFC088A672C9DC4EB3117495A0E7D7D1AA5686666976EA43D78BF0DC1533B81C4B784E1D0CC291AF77B88C7FB6&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525233917>>.
46. SCHLOSS, J. et al. Efficacy and safety of vitamin C in the management of acute respiratory infection and disease: A rapid review. In *Advances in Integrative Medicine* [interaktyvus]. 2020. Vol. 7, no. 4, p. 187–191. [žiūrėta 2021-05-09]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212958820301415?token=8BB94CBE9752B66E66661EA3E38DE6FE2687B5C3B72430D54B5DA777C9D49E15B34630CE3AC4DBD9A6B755E66A6D5C32&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525235935>>.
47. HEMILÄ, H. Vitamin C and common cold-induced asthma: a systematic review and statistical analysis. In *Allergy, Asthma & Clinical Immunology* [interaktyvus]. 2013. Vol. 9, no. 1, p. 46. [žiūrėta 2021-05-09]. . Prieiga per internetą: <<http://www.aacijournal.com/content/9/1/46>>.
48. GARIBALLA, S. Poor vitamin C status is associated with increased depression symptoms following acute illness in older people. In *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* [interaktyvus]. 2014. Vol. 84, no. 1–2, p. 12–17. [žiūrėta 2021-05-08]. . Prieiga per internetą: <<https://econtent.hogrefe.com/doi/abs/10.1024/0300-9831/a000188>>.
49. BINFARÉ, R.W. et al. Ascorbic acid administration produces an antidepressant-like effect: Evidence for the involvement of monoaminergic neurotransmission. In *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry* [interaktyvus]. 2009. Vol. 33, no. 3, p. 530–540. [žiūrėta 2021-05-16]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0278584609000426?token=EDA68936FFEB8D567337BDE157646E1B50554FD0696205B699673DFCCF5657C869002182549C68585C73F445DFB528E2&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525221712>>.
50. YOSAEE, S. et al. The effect of vitamin C supplementation on mood status in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. In *General Hospital Psychiatry* [interaktyvus]. 2021. Vol. 71, p. 36–42. [žiūrėta 2021-05-08]. . Prieiga per internetą:

- <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0163834321000566?token=5B88D222968D1494420437511DC2C365BF1DF7577D0EC0E004D5502D3B703223FE1DA99D541217CE15408E25FA1CACF0&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525215011>>.
51. LOHACHOOMPOL, V. et al. The Change of Total Anthocyanins in Blueberries and Their Antioxidant Effect After Drying and Freezing. In *Journal of Biomedicine and Biotechnology* [interaktyvus]. 2004. Vol. 2004, no. 5, p. 248–252. [žiūrėta 2021-05-26]. . Prieiga per internetą: <<http://jbb.hindawi.com>>.
  52. WROLSTAD, R.E. et al. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. In *Trends in Food Science & Technology* [interaktyvus]. 2005. Vol. 16, no. 9, p. 423–428. [žiūrėta 2021-04-26]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224405001548>>.
  53. JIMENEZ-GARCIA, S.N. et al. Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: Biochemistry, biotechnology, and genomics. In *Food Research International* [interaktyvus]. 2013. Vol. 54, no. 1, p. 1195–1207. [žiūrėta 2021-04-26]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996912004735>>.
  54. JACKMAN, R.L. - SMITH, J.L. Anthocyanins and betalains. In *Natural Food Colorants* [interaktyvus]. [s.l.]: Springer US, 1996. p. 244–309. [žiūrėta 2021-05-12]. Prieiga per internetą: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-2155-6\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-2155-6_8)>.
  55. LIU, P. et al. Flavonol glycosides and other phenolic compounds in buds and leaves of different varieties of black currant (*Ribes nigrum* L.) and changes during growing season. In *Food Chemistry* [interaktyvus]. 2014. Vol. 160, p. 180–189. [žiūrėta 2021-05-06]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0308814614004476?token=4D265CC50C28BF4397F009FEF4E031F209FC5C109322F0AD9F96B460973C0496766969ABBC5C0CFA1832C8566F461AB5&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210526004658>>.
  56. ANISIMOVIE, N. et al. Antocianinai serbentų, vyšnių bei šilauogių uogose ir ekstraktų antioksidacinis aktyvumas. In *Zemdirbyste* . 2009. Vol. 96, no. 3, p. 158–167. .
  57. SLIMESTAD, R. - SOLHEIM, H. Anthocyanins from Black Currants (*Ribes nigrum* L.). In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [interaktyvus]. 2002. Vol. 50, no. 11, p. 3228–3231. [žiūrėta 2021-05-02]. . Prieiga per internetą: <<https://pubs.acs.org/sharingguidelines>>.
  58. POJER, E. et al. The Case for Anthocyanin Consumption to Promote Human Health: A Review. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [interaktyvus]. 2013. Vol. 12, no. 5, p. 483–508. [žiūrėta 2021-05-01]. . Prieiga per internetą: <<http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12024>>.
  59. ERLUND, I. et al. Favorable effects of berry consumption on platelet function, blood pressure, and HDL cholesterol. In *The American Journal of Clinical Nutrition* [interaktyvus]. 2008. Vol. 87, no. 2, p. 323–331. [žiūrėta 2021-05-10]. . Prieiga per internetą: <<https://academic.oup.com/ajcn/article/87/2/323/4633285>>.
  60. CASSIDY, A. Berry anthocyanin intake and cardiovascular health. In *Molecular Aspects of Medicine* [interaktyvus]. 2018. Vol. 61, p. 76–82. [žiūrėta 2021-05-01]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098299717300444>>.
  61. RÓŻAŃSKA, D. - REGULSKA-IŁOW, B. The significance of anthocyanins in the prevention and treatment of type 2 diabetes. In *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University* [interaktyvus]. 2018. Vol. 27, no. 1, p. 135–142. [žiūrėta

- 2021-05-14]. . Prieiga per interneta: <<http://www.advances.umed.wroc.pl/en/article/2018/27/1/135/>>.
62. KOWALSKI, R. - GONZALEZ DE MEJIA, E. Phenolic composition, antioxidant capacity and physical characterization of ten blackcurrant (*Ribes nigrum*) cultivars, their juices, and the inhibition of type 2 diabetes and inflammation biochemical markers. In *Food Chemistry* [interaktyvus]. 2021. Vol. 359, p. 129889. [žiūrėta 2021-05-18]. . Prieiga per interneta: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0308814621008955?token=8507DC122712F6735C043C0F877C15B295B7C7978AA37A74B61E0D1F48DEA20A5E9758DC6EF8C3663B4AA1770473C716&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210526211141>>.
  63. GOUVEIA, L. et al. *Microalgae in novel food products- Food chemistry research developments* [interaktyvus]. . 2008. 75–112 p. ISBN 978-1-60456-262-0.
  64. PLAZA, M. et al. [interaktyvus]. .2009. [žiūrėta 2020-11-26]. Prieiga per interneta: <<https://pubs.acs.org/sharingguidelines>>.
  65. GAGNETEN, M. et al. Gluten-free cookies added with fibre and bioactive compounds from blackcurrant residue. In *International Journal of Food Science & Technology* [interaktyvus]. 2021. Vol. 56, no. 4, p. 1734–1740. [žiūrėta 2021-05-17]. . Prieiga per interneta: <<https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ijfs.14798>>.
  66. GUMUL, D. et al. The influence of addition of defatted blackcurrant seeds on pro-health constituents and texture of cereal extrudates. In *Journal of Food Quality* [interaktyvus]. 2011. Vol. 34, no. 6, p. 395–402. [žiūrėta 2021-05-17]. . Prieiga per interneta: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-4557.2011.00418.x>>.
  67. KORUS, J. et al. DEFATTED STRAWBERRY AND BLACKCURRANT SEEDS AS FUNCTIONAL INGREDIENTS OF GLUTEN-FREE BREAD. In *Journal of Texture Studies* [interaktyvus]. 2012. Vol. 43, no. 1, p. 29–39. [žiūrėta 2021-05-14]. . Prieiga per interneta: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4603.2011.00314.x>>.
  68. SLAVIN, J.L. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. In *Journal of the American Dietetic Association* [interaktyvus]. 2008. Vol. 108, no. 10, p. 1716–1731. [žiūrėta 2021-05-15]. . Prieiga per interneta: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18953766/>>.
  69. HELBIG, D. et al. Tocopherol isomer pattern in serum and stool of human following consumption of black currant seed press residue administered in whole grain bread. In *Clinical Nutrition* [interaktyvus]. 2009. Vol. 28, no. 6, p. 662–667. [žiūrėta 2021-05-14]. . Prieiga per interneta: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0261561409001010?token=603F5199931C8C6844B736BD3FE62F862A0F7C1473914BC7A26B56FFB5AAF840313A65E4F901717229BDC50EA1F7B873&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210526223348>>.
  70. ALLAI, F.M. et al. Black Currant. In *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits* [interaktyvus]. Singapore: Springer Singapore, 2020. p. 271–293. [žiūrėta 2021-04-19]. Prieiga per interneta: <[https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_14)>.
  71. WIJNGAARD, H. et al. Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. In *Food Research International* [interaktyvus]. 2012. Vol. 46, no. 2, p. 505–513. [žiūrėta 2021-04-25]. . Prieiga per interneta: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0963996911005618?token=DE57AA2948FF1F4774324AC27F84D1B58C2E01AE5178D305C63D4A40829EB6E416D2CAEB797AA17D9F9AE96623C41DC3&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210425195454>>.

72. MORRELL, J.J. Protection of Wood-Based Materials. In *Handbook of Environmental Degradation of Materials* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2012. p. 407–439. [žiūrėta 2021-02-28]. ISBN 9781437734560 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781437734553000146>>.
73. BRUNNER, G. Supercritical fluids: Technology and application to food processing. In *Journal of Food Engineering*. 2005. Vol. 67, no. 1–2, p. 21–33. .
74. FAN, Q. - MANI, G. Dyeable polypropylene via nanotechnology. In *Nanofibers and Nanotechnology in Textiles* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2007. p. 320–350. [žiūrėta 2021-02-28]. ISBN 9781845691059 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781845691059500121>>.
75. VI, V. *Vida Vičkačkaitė Ekstrakiniai mėginio paruošimo dujų chromatografinėi analizei metodai*. . 2008. 1–45 p. ISBN 9789955332770.
76. GAMSJÄGER, H. Foreword. In *Thermodynamics, Solubility and Environmental Issues* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2007. p. 7–8. [žiūrėta 2021-02-28]. ISBN 9780444527073 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978044452707350001X>>.
77. AYDIN K. SUNOL, SERMIN G. SUHOL, KYLE COGSWELL SUBSTITUTION OF SOLVENTS BY SAFER PRODUCTS. In *Handbook of Solvents* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2019. p. 1455–1634. [žiūrėta 2021-04-28]. Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781927885413500103>>.
78. KANNY, K. - MOHAN, T.P. Rubber nanocomposites with nanoclay as the filler. In *Progress in Rubber Nanocomposites* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2017. p. 153–177. [žiūrėta 2021-04-28]. ISBN 9780081004289 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978008100409800005X>>.
79. SOARES, B.M.C. et al. Solubility of triacylglycerols in supercritical carbon dioxide. In *Journal of Supercritical Fluids*. 2007. Vol. 43, no. 1, p. 25–31. .
80. LUQUE DE CASTRO, M.D. - PRIEGO-CAPOTE, F. Soxhlet extraction: Past and present panacea. In *Journal of Chromatography A* [interaktyvus]. 2010. Vol. 1217, no. 16, p. 2383–2389. [žiūrėta 2021-03-10]. Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021967309016884>>.
81. PICÓ, Y. Recent advances in sample preparation for pesticide analysis. In *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*. [s.l.]: Elsevier Inc., 2012. p. 569–590. ISBN 9780123813749.
82. RIDGWAY, K. et al. Sample Preparation for Food Contaminant Analysis. In *Comprehensive Sampling and Sample Preparation* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2012. p. 819–833. [žiūrėta 2021-03-11]. ISBN 9780123813749 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123813732001150>>.
83. HIRONDART, M. et al. Comparison between Pressurized Liquid Extraction and Conventional Soxhlet Extraction for Rosemary Antioxidants, Yield, Composition, and Environmental Footprint. In *Foods* [interaktyvus]. 2020. Vol. 9, no. 5, p. 584. [žiūrėta 2021-03-11]. . Prieiga per internetą: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/5/584>>.
84. BOER, J. DE POLYCHLORINATED BIPHENYLS. In *Encyclopedia of Analytical Science* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2005. p. 214–225. [žiūrėta 2021-04-10]. ISBN 9780123693976 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B0123693977004726>>.

85. LUQUE DE CASTRO, M.D. - GARCÍA AYUSO, L.E. ENVIRONMENTAL APPLICATIONS | Soxhlet Extraction. In *Encyclopedia of Separation Science* . [s.l.]: Elsevier, 2000. p. 2701–2709.
86. WEGGLER, B.A. et al. Inlets and sampling. In *Separation Science and Technology (New York)* . [s.l.]: Elsevier Inc., 2020. p. 141–203. .
87. EDWARD RÓJ, DOROTA KOSTRZEWA, A. INGER-DOBRZYŃSKA, ARTUR MISZCZAK, WITOLD PLOCHARSKI, MICHAŁ SÓJKA, KRZYSZTOF KOŁODZIEJCZYK, KRZYSZTOF KOŁODZIEJCZYK, B.K. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of oils from blackcurrant seeds. In . 2008. no. March 2015. .
88. ALBA, K. et al. Fractionation and characterisation of dietary fibre from blackcurrant pomace. In *Food Hydrocolloids* [interaktyvus]. 2018. Vol. 81, p. 398–408. [žiūrėta 2020-12-21]. . Prieiga per internetą:  
<<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0268005X18301061?token=1BA81668268E265361716E9684FD9DB7BCFC66B9E85CA6FB98CCED89880FCE16A28B087F5520D3B36F87C47A7D444BEB&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210519170940>>.
89. STASZOWSKA-KARKUT, M. - MATERSKA, M. Phenolic Composition, Mineral Content, and Beneficial Bioactivities of Leaf Extracts from Black Currant (*Ribes nigrum* L.), Raspberry (*Rubus idaeus*), and Aronia (*Aronia melanocarpa*). In *Nutrients* [interaktyvus]. 2020. Vol. 12, no. 2, p. 463. [žiūrėta 2020-12-21]. . Prieiga per internetą: <[www.mdpi.com/journal/nutrients](http://www.mdpi.com/journal/nutrients)>.
90. ELIASSON, L. et al. Effect of drying technique and particle size of bilberry press cake on the extraction efficiency of anthocyanins by pressurized carbon dioxide extraction. In *LWT - Food Science and Technology* [interaktyvus]. 2017. Vol. 85, p. 510–516. [žiūrėta 2021-02-06]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817301755>>.
91. CALABUIG-JIMÉNEZ, L. et al. Effect of particle size of blueberry pomace powder on its properties. In *Proceedings of 21th International Drying Symposium* [interaktyvus]. Valencia: Universitat Politècnica València, 2018. p. 1131–1138. [žiūrėta 2021-02-06]. Prieiga per internetą: <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/IDS/IDS2018/paper/view/7879>>.
92. CONDE-HERNÁNDEZ, L.A. et al. CO<sub>2</sub> -supercritical extraction, hydrodistillation and steam distillation of essential oil of rosemary (*Rosmarinus officinalis* ). In *Journal of Food Engineering* [interaktyvus]. 2017. Vol. 200, p. 81–86. [žiūrėta 2021-04-02]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877416304721>>.
93. GUSTINELLI, G. et al. Supercritical Fluid Extraction of Berry Seeds: Chemical Composition and Antioxidant Activity. In *Journal of Food Quality* [interaktyvus]. 2018. Vol. 2018, p. 1–10. [žiūrėta 2021-05-27]. . Prieiga per internetą: <<https://doi.org/10.1155/2018/6046074>>.
94. ŘEZANKA, T. et al. Regioisomeric and enantiomeric analysis of triacylglycerols. In *Analytical Biochemistry* [interaktyvus]. 2017. Vol. 524, p. 3–12. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą:  
<<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003269716301130?token=FE601EC546301FA803424777BC3320EF822C3FEFB706306F68E9874F0A0012AB971C592738280C4AB0560EB7FD4BBB4F&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210527205728>>.
95. E-BQC Instruction Manual. In *Studies in Organic Chemistry* [interaktyvus]. 1990. p. 339–373. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444883452500213>>.

96. MARANGONI, F. - POLI, A. Phytosterols and cardiovascular health. In *Pharmacological Research* [interaktyvus]. 2010. Vol. 61, no. 3, p. 193–199. [žiūrėta 2021-05-17]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043661810000150>>.
97. EUROPOS BENDRIJŲ KOMISIJA [interaktyvus]. .Europos sąjunga, 2004. [žiūrėta 2021-05-27]. Prieiga per internetą: <<https://op.europa.eu/lt/publication-detail/-/publication/56f27f7b-2075-4980-8122-418338848eae>>.
98. GESSNER, M.O. Ergosterol as a Measure of Fungal Biomass. In *Methods to Study Litter Decomposition* [interaktyvus]. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 247–255. [žiūrėta 2021-05-15]. Prieiga per internetą: <[https://doi.org/10.1007/978-3-030-30515-4\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30515-4_27)>.
99. DHINGRA, O.D. et al. Ergosterol accumulation and oil quality changes in stored soybean invaded by *Aspergillus ruber* (A. glaucus group). In *Mycopathologia* [interaktyvus]. 1998. Vol. 143, no. 2, p. 85–91. [žiūrėta 2021-05-17]. . Prieiga per internetą: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006954506895>>.
100. BOJŅANSKÁ, T. et al. Legumes – the Alternative Raw Materials for Bread Production. In *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* [interaktyvus]. 2016. Vol. 7, no. 3, p. 876–886. [žiūrėta 2021-05-14]. . Prieiga per internetą: <<https://www.researchgate.net/publication/266886484>>.
101. LUO, D. et al. Effects of ultrasound assisted dough fermentation on the quality of steamed bread. In *Journal of Cereal Science* [interaktyvus]. 2018. Vol. 83, p. 147–152. [žiūrėta 2021-05-13]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0733521018302091?token=FFB6E9A9523F4BD6AA76649FBB9F034AC36960999AE6C3A8DDA8AFCFC7FEE7D7ABDDDB43F45793DB562E0AC720ECA35DB&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210527234103>>.
102. SCHMIELE, M. et al. Mixolab<sup>TM</sup> for rheological evaluation of wheat flour partially replaced by soy protein hydrolysate and fructooligosaccharides for bread production. In *LWT - Food Science and Technology* [interaktyvus]. 2017. Vol. 76, p. 259–269. [žiūrėta 2021-05-14]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643816304170>>.
103. GALLO, M. et al. Application of Ultrasound in Food Science and Technology: A Perspective. In *Foods* [interaktyvus]. 2018. Vol. 7, no. 10, p. 164. [žiūrėta 2021-05-13]. . Prieiga per internetą: <[www.mdpi.com/journal/foods](http://www.mdpi.com/journal/foods)>.
104. PICÓ, Y. Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples. In *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [interaktyvus]. 2013. Vol. 43, p. 84–99. [žiūrėta 2021-05-13]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016599361200369X>>.
105. SIVAM, A.S. et al. Physicochemical Properties of Bread Dough and Finished Bread with Added Pectin Fiber and Phenolic Antioxidants.
106. WICZKOWSKI, W. et al. Changes in the content and composition of anthocyanins in red cabbage and its antioxidant capacity during fermentation, storage and stewing. In *Food Chemistry* [interaktyvus]. 2015. Vol. 167, p. 115–123. [žiūrėta 2021-05-18]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0308814614009856?token=E4F08E62286987B44751E08C37323584C6A6F6BBD430A1B5A9952B8917E6EA010E58A2428BB6D4E0A8B2C520A79508D3&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210527134652>>.
107. ROMMEL, A. et al. Red Raspberry Juice and Wine: Effect of Processing and Storage on Anthocyanin Pigment Composition, Color and Appearance. In *Journal of Food Science*

- [interaktyvus]. 1990. Vol. 55, no. 4, p. 1011–1017. [žiūrėta 2021-05-19]. . Prieiga per internetą: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2621.1990.tb01586.x>>.
108. NAKOV, G. et al. Effect of grape pomace powder addition on chemical, nutritional and technological properties of cakes. In *LWT* [interaktyvus]. 2020. Vol. 134, p. 109950. [žiūrėta 2021-05-18]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0023643820309397?token=7F95B69CD13F957E6AC67F62A8E43370EE7C6774E63BC27FEF640A779086CB66DADC0E2FB5AB9597655DFE2E87D5A88D&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525140015>>.
109. MARCHETTI, L. et al. Partial replacement of wheat flour by pecan nut expeller meal on bakery products. Effect on muffins quality. In *LWT* [interaktyvus]. 2018. Vol. 95, p. 85–91. [žiūrėta 2021-05-18]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0023643818303566?token=1385691F331D0DC02DD37F9811958ECAAC356F19E674FFF2B4C6C0F52B43726F4F035247BEFC6FF8ABE5AFE B6F277CEA&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525135925>>.
110. HUANG, R. - XU, C. An overview of the perception and mitigation of astringency associated with phenolic compounds. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [interaktyvus]. 2021. Vol. 20, no. 1, p. 1036–1074. [žiūrėta 2021-05-18]. . Prieiga per internetą: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12679>>.
111. LAAKSONEN, O. et al. Sensory quality and compositional characteristics of blackcurrant juices produced by different processes. In *Food Chemistry* [interaktyvus]. 2013. Vol. 138, no. 4, p. 2421–2429. [žiūrėta 2021-05-21]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0308814612019309?token=10A21F76CE58D6B4D9B3F494DE14DA1C4C905DFED642B46817D65B43173081241D2F565452519FB29F45AFA EC966FC47&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525180404>>.
112. DINNELLA, C. et al. Individual astringency responsiveness affects the acceptance of phenol-rich foods. In *Appetite* [interaktyvus]. 2011. Vol. 56, no. 3, p. 633–642. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0195666311001000?token=0E87E9E95827E14417B4B243986D794FFDF7A72491453E6155AC72F161B2A174863F5C2B411FB54BAA53C7D7 DCB91A56&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210525175507>>.
113. E-BQC Instruction Manual. In *Studies in Organic Chemistry* [interaktyvus]. 1990. p. 339–373. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444883452500213>>.
114. AZMAN, E.M. et al. Acetic acid buffer as extraction medium for free and bound phenolics from dried blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) skins. In *Journal of Food Science* [interaktyvus]. 2020. Vol. 85, no. 11, p. 3745–3755. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.15466>>.
115. CRUZ, L. et al. Selective enzymatic lipophilization of anthocyanin glucosides from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) skin extract and characterization of esterified anthocyanins. In *Food Chemistry* [interaktyvus]. 2018. Vol. 266, p. 415–419. [žiūrėta 2021-05-20]. . Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618309865>>.
116. GHOSH, D. - KONISHI, T. Anthocyanins and anthocyanin-rich extracts: role in diabetes and eye function. In *Asia Pacific journal of clinical nutrition* [interaktyvus]. 2007. Vol. 16, no. 2,

- p. 200–8. [žiūrėta 2021-05-11]. Prieiga per internetą: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17468073>>.
117. LIN, C.J. et al. Optimization of color design for military camouflage in CIELAB color space. In *Color Research and Application* [interaktyvus]. 2019. Vol. 44, no. 3, p. 367–380. [žiūrėta 2021-05-18]. Prieiga per internetą: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/col.22352>>.
118. TOLVE, R. et al. Wheat Bread Fortification by Grape Pomace Powder: Nutritional, Technological, Antioxidant, and Sensory Properties. In *Foods* [interaktyvus]. 2021. Vol. 10, no. 1, p. 75. Prieiga per internetą: <<https://doi.org/10.3390/foods10010075>>.